על אמת ורוח החופש

"נניח שהאמת אישה היא – ובכן? האין יסוד לחשד שכל הפילוסופים, במידה שהיו דוגמטיקאים, לא היטיבו להבין בנשים? וכל אותה רצינות איומה, אותה טרדנות שלומיאלית בה נהגו עד כה להיטפל לאמת, לא היו אלא אמצעים חסרי נועם וחסרי טעם לקנות בהם לב גברת דווקא? מה שאינו מוטל בספק עוד: היא (האמת) לא הניחה להם לקנות את לבה, ודוגמטיות מכל סוג ניצבת היום עגומת נפש ונמוגת רוח, אם בכלל היא ניצבת עדיין!"

"...אתם הפילוסופים וידידי ההכרה, הישמרו לכם מפני קדושת המעונים, מפני סבל על מזבח 'האמת לשמה'! ואף מפני ההגנה העצמית... אם אתם נאלצים להפטיר כחיל המגן של האמת עלי אדמות, כאילו הייתה היא האמת כה תמימה ועלובה שזקוקה היא למגינים! ועוד משכמותכם, אבירים בעלי דמות היגון הקודר ביותר, יושבי קרנותיו, טווי קורי עכבישיו של הרוח. סוף סוף יודעים אתם שאסור שתהא חשיבות כלשהי לכך אם אתם תימצאו צודקים, וכן לא נעלם מידיעתכם שעד כה שום פילוסוף לא נמצא צודק. וכן, שליתר שבח ראויה האמיתיות שבכל סימן שאלה זעיר, אשר אתם שמים אחרי עיקרים הערבים עליכם ואחרי התורות החביבות שלכם...."

"...חייב אדם להעמיד עצמו בנסיונות כדי להוכיח אם אמנם נועד לאי תלות ולהיותו מצווה... אל יתחמק אדם מנסיונות אלו, גם אם ייתכן שזה המשחק המסוכן ביותר מכל משחקי האדם, כשבסופו של דבר אתה עצמך העד ואתה לבדך השופט ואין זולתך במבחן זה. לא להיצמד לאדם: ויהי האהוב ביותר. כל אדם הוא כלא, גם קרן זווית. לא להיצמד למולדת: ותהי הסובלת ביותר ונזקקת לעזרה.... לא להיצמד לרחמים: אף לא לרחמים על אנשי סגולה שאזלת ידם וייסוריהם ללא משל ניקרו לעיניך. לא להיצמד למדע: גם אם יפתה אותך בגילויים מופלאים אשר לכאורה לך לבדך נצפנו. לא להיצמד להשתחררות עצמית, למרחקן המאוויי ולנכר... לא להיצמד למידות הטובות של עצמנו, לא להקריב את הכולות על מזבח של איזה פרט בתוכנו... על האדם לדעת לשמר עצמו: המבחן החמור ביותר של אי תלות."

פרידריך ניטשה, "מעבר לטוב ולרוע", הוצאת שוקן. תרגום: ישראל אלדד. שלושה קטעים שונים

"אמת", אמר נוסע / סטיבן קריין

"אֱמֶת", אָמַר נוֹסֵעַ,
"הִיא צוּק, מְצוּדָה אַדִּירָה;
פְּעָמִים הַרְבֵּה הֶעְפַּלְתִּי אֵלֶיהָ,
גַּם אֶל הָרָם וְהַנִּשָּׂא בִּצְרִיחֶיהָ,
מִמֶּנּוּ נִשְׁקָף הָעוֹלָם בְּשָׁחוֹר".

"אֱמֶת", אָמַר נוֹסֵעַ,
"הִיא נְשִׁימָה, מַשַּׁב רוּחַ,
צֵל, חֶזְיוֹן תַּעְתּוּעִים;
זְמַן רַב דָּלַקְתִּי אַחֲרֶיהָ,
אַךְ מֵעוֹדִי לֹא נָגַעְתִּי
אַף בְּאִמְרַת שִׂמְלָתָהּ".

וַאֲנִי הֶאֱמַנְתִּי לַנּוֹסֵעַ הַשֵּׁנִי;
כִּי בִּשְׁבִילִי הָאֱמֶת הִיא
נְשִׁימָה, מַשַּׁב רוּחַ,
צֵל, חֶזְיוֹן תַּעְתּוּעִים,
וּמֵעוֹדִי לֹא נָגַעְתִּי
אַף בְּאִמְרַת שִׂמְלָתָהּ.

סטיבן קריין (1871–1900),
סופר ומשורר אמריקאי.
תרגום: משה דור

מחפש אמת / אִי. אִי. קאמינגס

מְחַפֵּשׂ אֱמֶת

אַל תִּדְבַּק בְּשׁוּם שְׁבִיל
כָּל הַשְּׁבִילִים מוֹבִילִים לְמָקוֹם

הָאֱמֶת כָּאן הִיא

אי. אי. קאמינגס (1894–1962),
משורר, סופר, צייר ומסאי
אמריקאי. תרגום: משה דור

אודיסאה

| מסע בין רעיונות |

מערכת:
עורך ראשי: שמואל שם־טוב
עורכות אחראיות: אילה מילר, אורית סוליציאנו
ועדה מייעצת: עילם גרוס, אורלי שנקר, עופר ללוש, עתניאל דרור
עריכה והגהות: אילה לוין, מירב הלפרין
עריכה גרפית ועיצוב: גילה קפלן, נירית בנימיני

אמנים: אנטוני גורמלי, קאי גו צ'יאנג, סיגלית לנדאו, טרין סימון, מייקל פאוקנר, ג'יי. קיי. קלר

דימוי שער: קתרינה פריטש,
"מסובין", פוליאסטר, עץ, כותנה וצבע.
Katharina Fritsch, *"Tischgesellschaft", 1988, Polyester, wood, cotton and paint, 140x1600x175 cm. (MMK Frankfurt/Main/VG Bild-Kunst, Bonn 2010*

מפיקה ומנהלת הפצה: איריס חייט
דפוס: דפוס אלי מאיר

כתובת לפניות:
ת"ד 15055 רחובות 76150
odyssey@odyssey.org.il

הנהלה:
יו"ר: אילה מילר, איקה אברבנאל, אורית סוליציאנו
מנכ"ל: שמואל שם־טוב

מוציאים לאור:
"אודיסאה – מסע בין רעיונות"
מיסודן של: חברת "טבע",
האוניברסיטה העברית ירושלים

© כל הזכויות שמורות.
תוכן המודעות באחריות המפרסמים

רוצים לעשות מנוי?
052-9993111, 03-9411621
www.odyssey.org.il

טבע תעשיות פרמצבטיות בע"מ

האוניברסיטה העברית בירושלים
The Hebrew University of Jerusalem

בואו נבחר את האמת שלנו

אין מושג פילוסופי שעבר במהלך המאה העשרים שינוי דרמטי יותר ממושג האמת. בעקבות ניצחון המדע, ההשכלה והרציונליות, האמת נכנסה כמלכה זוהרת אל המאה האחרונה של המילניום השני, אבל יצאה ממנה מוכה וחבולה. גיליון מס' 8 של "אודיסאה – מסע בין רעיונות" מנסה לבחון מה נותר לה, לאמת, במאה העשרים ואחת. האם היא בכלל קיימת? האם היא אחת? האם היא קבועה או משתנה, והאם ניתן להשיגה באמצעות התבונה האנושית? על אף שאין לנו יכולת להתקיים ללא הסכמה על תפיסת האמת, נראה כי אנו הולכים ומתרחקים מהסכמה שכזו. כמו פרפר מתעתעת בנו האמת – מתקרבת, נוגעת, ואז פורחת ונעלמת, מותירה אותנו פעורי פה ומתוסכלים, לפני שנפרוש שוב את הרשת ונצא מחדש בעקבותיה. בגיליון שלפניכם חמש נקודות מבט על מושג האמת, כפי שהוא בא לידי ביטוי בחמש דיסציפלינות שונות.

"אודיסאה – מסע בין רעיונות"

כתב־עת העוסק במחשבות, רעיונות, דילמות וויכוחים המתקיימים בחזית העשייה המדעית והפילוסופית העכשווית. כתב־העת מכוון ליצירת חיבור בין מדע לחברה ובין רעיונות לתוצאותיהם ולמשמעותם. חברת "טבע" והאוניברסיטה העברית בירושלים מוציאות לאור את "אודיסאה" כחלק מפעילותן לקידום המדע והתרבות בישראל.

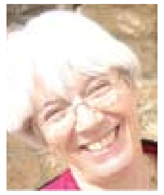
קין והבל 06 | קארל פופר 07 | שלמה המלך 08 | אמת 11 |
מתמטיקה 12 | קורט גדל 14 | טעות משפטית 16 |
משפט יהודי 20 | מנחם ברינקר 22 | עגנון 23 |
ויטגנשטיין 24 | סלבוי ז'יז'ק 26 | תוקידידס 29 |
ישעיהו ברלין 30 | השערה סטטיסטית 34 |
הסתברויות 37 | ביל קלינטון 39 | שזירה קוונטית 42 |
פוטון 43 | אשר פרס 47 | אינשטיין 49 | תכנית מנהטן 51 |
רנה דקארט 54 | רדוקציה 55 | גוף ונפש 56 |
מקס הורקהיימר 59 | פורטרט עצמי 62 | תומאס קון 64 |
מרטן גר 67 | פרויד 71 | פרצופים 74 | כוונון עדין 84 |
קבוע קוסמולוגי 85 | הכוח החלש 87

תוכן עניינים

מדורים

06 **פתח דבר – החיפוש שלא נגמר** / שמואל שם טוב
49 **משוואות פיזיקליות – E = MC²** / פרופ' חנוך גוטפרוינד
59 **ביקורת ספרים – כמה שווה קילו תבונה** / אריק גלסנר
62 **תמונת אמן – אמת דיברתי** / ד"ר אורלי שנקר על הצייר מיטש בקר
64 **היסטוריה של המדע – מחליפים דת** / דודי גולדמן
66 **קולנוע – שובו של מרטן גר** / פרופ' יוסי יונה
70 **פסיכולוגיה אבולוציונית – האדם אינו אי** / ד"ר אורן חסון

פרופ' מיה בר הלל



32 להרשיע באמצעות נוסחה מתימטית

פרופסור לפסיכולוגיה באוניברסיטה העברית וחברה במרכז לחקר הרציונליות (אותו ניהלה בשנים 2004–2001). חוקרת חשיבה הסתברותית וקבלת החלטות, ועוסקת גם בחידות ופרדוקסים. בעבר העבירה קורסים בפסיכולוגיה ובמשפט.

פרופ' יקיר שושני

52 בין גוף ונפש: האם קיים מרכיב רוחני לתודעה?

פרופסור לפיזיקה החוקר את היסודות הפילוסופיים של המציאות וההכרה. ספרו האחרון, "חומר ורוח: יסודו הרוחני של היקום", יצא לאור בספריית האוניברסיטה המשודרת, בהוצאת משרד הביטחון.

פרופ' יוסי אברון

40 כאן, שם ובכל מקום

פרופסור לפיזיקה עיונית בטכניון. שימש מספר שנים כחבר סגל באוניברסיטת פרינסטון ובמכון הטכנולוגי של קלטק בפסדנה. בין היתר, השתתף בתגלית של מעבר פאזה בגבישי הליום בטמפרטורות ליד האפס המוחלט, ותרם להבנת האופי הטופולוגי של מצבים קוונטיים בתיאוריה של חומר מעובה. בשנים האחרונות מתמקד בשאלות של הנדסה קוונטית.

ד"ר גלעד פרז

83 עם חצי טיפת מזל

דוקטור לפיזיקה ואסטרופיזיקה במכון ויצמן למדע. שימש כפרופסור זוטר באוניברסיטת סטוני ברוק וכפרופסור אורח בבוסטון ובהרווארד. תחום המחקר המרכזי שלו קשור לגילוי פיזיקה חדשה במאיץ החלקיקים בסרן, עם דגש על גילויים של ממדים נוספים ופיזיקה של היררכיית המסה. עוסק בקשר בין פיזיקה של חלקיקים לאסטרופיזיקה וחידת החומר האפל.

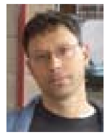
פרופ' סם ש. רקובר

74 תזכיר לי מי אתה

פרופסור (אמריטוס) במחלקה לפסיכולוגיה של אוניברסיטת חיפה. חוקר תפיסה והיכר פרצופים ועוסק בפילוסופיה של המדע וההכרה. פרסם ארבעה ספרים בנושאים אלה, שהאחרון בהם, "להבין חתול: מתודולוגיה ופילוסופיה", יצא לאור בעברית ב־2008. פרסם שישה רומנים וקובצי סיפורים. הרומן האחרון, "כלא המשאלות", יצא לאור ב־2009.

חמש נקודות מבט על האמת **10**

פרופ' ענר שלו



סופר ופרופסור למתמטיקה באוניברסיטה העברית בירושלים. אחד המומחים בעולם לתורת החבורות. פרסם שלושה ספרי פרוזה. זכה בפרסים ספרותיים ומתמטיים רבים.

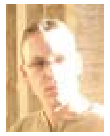
עו"ד יעקב וינרוט

דוקטור למשפטים ואחד מבכירי עורכי־הדין הפליליים בישראל. למד והוסמך לרבנות בישיבת פוניבז. סיים את לימודי המשפטים בהצטיינות באוניברסיטת תל־אביב.

פרופ' אריאל הירשפלד

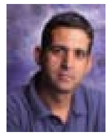
ראש החוג לספרות עברית באוניברסיטה העברית בירושלים. בין ספריו, "אתן היודעות – שיח האהבה באופרות של מוצרט" (1994), "רשימות על מקום" (2000), "רישומים של התגלות" (2006), "איפה נמצא הזמן" (לילדים, 2009).

יונתן הירשפלד



צייר, אוצר תערוכות ומרכז לימודי האמנות ב"מוזות" ביפו. מאסטרנט בתכנית בין־תחומית עם דגש על פילוסופיה. פרסם שירה בכתב העת "מטעם" ומאמרי ביקורת באינטרנט.

ד"ר אסף ענברי



סופר, מסאי וחוקר ספרות. מחבר הרומן התיעודי "הביתה", שמגולל את סיפור חייו של קיבוץ. מרבה לעסוק בשאלת זהותה וייחודה של הספרות העברית, שאלה העומדת גם בבסיס מחקרו על הגותו הספרותית והתרבותית של ביאליק.

שמואל שם־טוב

החיפוש שלא נגמר

במאה העשרים הגיעה לשיאה אחת המלחמות הקשות בתולדות הפילוסופיה. קרב ענקים בין המאמינים באפשרות של אמת לבין חסידי הרלטיביזם, הפוסט מודרניזם והרב־תרבותיות. המאבק לא הסתיים, אבל האמת, אותה מלכה גאה שבני האדם נשאו אליה עיניים בשקיקה, שרועה מדממת וממתינה לגואל שיחזיר עטרה ליושנה

"אלף דרכים מחטיאות את המטרה, ורק דרך אחת קולעת אליה".
אריסטו, "אתיקה"

■ "השומר אחי אנוכי", שואל קין את אלוהים, ומשקר לבוראו במצח נחושה רגעים ספורים אחרי שרוצץ בשדה את גולגולת אחיו. וכך, כבר בפרק ד' בספר המתאר את ראשית קיומו של עולם שבו חיים ארבעה בני אדם בלבד, מופיע השקר האנושי הראשון. זהו שקר בלתי מוצלח בעליל, מכיוון שהוא נאמר לאל היודע היטב את האמת ואינו נזקק להודאתו של קין כדי להבין מה התרחש.

זהו השקר האנושי הראשון, אבל לא **השקר** הראשון. כבר בפרק ב' מלמד אלוהים עצמו את אדם וחוה כי אסור לאכול מפרי עץ הדעת. אכילתו, הוא אומר, תביא למותם המיידי. אלוהים משקר, והנחש חושף את השקר: פרי עץ הדעת אולי מסוכן, אבל הוא לא יגרום למות האדם. השקר הראשון בתנ"ך הוא, אם כן, שקר אלוהי.

קין יודע שרצח את הבל, אבל מספר לאל סיפור שונה. אלוהים יודע מה הסיכונים שטמונים בפרי עץ הדעת – לולא ידע לא היו דבריו מוגדרים כשקר, אלא לכל היותר כסוג של השערה או בדיון שעשויים להתברר כטעות – אבל מספר לאדם סיפור שונה. אלוהים בוחר, משיקוליו שלו, לשקר על אף שהוא מודע לאמת.

ידיעת האמת היא תנאי הכרחי לאמירת שקר. הפוליגרף, מכונת האמת, מבוסס על עיקרון זה. אף אם תשובותיו של הנבדק לא נכונות, הוא יכול להטעות את המכשיר ולהיחשב לדובר אמת – בתנאי שהוא אינו מודע לעובדה שהוא משקר. המכשיר מאתר את אי־ההתאמה בין הידיעה הפנימית שלו לבין מה שהוא מספר. הוא איננו חושף את העובדות האמיתיות כפי שהתרחשו, נניח, בזירת הפשע.

שלוש הדתות המונותיאיסטיות התפארו בידיעת האמת המוחלטת. כל אחת מהן מציגה את גרסתה על טיבו של העולם, מהותו של האדם וספר החוקים שיצר האל עבור ברואיו. אמת זו כתובה בספרי הקודש, כמו גם בספר הטבע, וכל שנותר לו לאדם הוא לפרשה ולהבינה ככל הניתן, באמצעות שליחי האל עלי אדמות ובמסגרת שכלו והכרתו.

כאשר ניטשה הכריז כי "אלוהים מת" סופית, נדמה היה כי האמת מתה יחד איתו. תהליך החילון שעבר על אירופה העמיד את בני האדם במרכז, כשהם אחראים בלעדית על הגדרת האמת ועל ערכי המוסר. תפקיד זה נראה בלתי אפשרי. התחושה הייתה שכנראה קיימת אמת אחת ומוחלטת, אלא שבלי נוכחות אלוהית לצידנו, אנו, בני האדם, נידונים ללכת לנצח בחשכה ולגשש אחרי האמת הזאת, וספק אם נהיה מסוגלים להגיע אליה בעצמנו.

את הפתרון למשבר סיפק לבסוף הפילוסוף עמנואל קאנט, וזה אומץ בהצלחה במאה העשרים: על־פי תורתו של קאנט, בני האדם הם שקובעים – ולמעשה יוצרים – את האמת. אין לנו צורך בגורם חיצוני כדי להבין את העולם. למעשה, אנו בונים אותו בצלמנו בדרך האמיתית והיחידה האפשרית לנו.

במקביל לתהליך החילון התרחשה באירופה המהפכה המדעית הגדולה, שהשלימה את טענותיו של קאנט. לפחות בקרב אליטות מובילות הפכה הרציונליות לדת חדשה, והמדע הוכרז ככלי לחשיפת האמת. היציאה מימי הביניים החזירה את הפילוסופיה, המתמטיקה והמדע היווניים אל התודעה באמצעות ספרים שהתגלו ותורגמו לשפות רבות, והמחקר בתחומים אלה הוסיף להתפתח באוניברסיטאות החדשות שנפתחו. המתמטיקה הציגה את הוודאות התיאורטית של היקום, הגיאומטריה – את אופיו וצורתו. הפיזיקה תיארה את התנהגות היקום כפי שהוא באמת, ואילו הביולוגיה הסבירה את החיים. תורת האבולוציה סיפקה תשובה לשאלות, מי אנו ומנין באנו, והפילוסופיה של הטבע היוותה הסבר מדעי אמיתי וכולל לתופעות השונות.

עם עליית המדע ולנוכח ניצחונותיו הגדולים – קופרניקוס וגלילאו באסטרונומיה, ניוטון בפיזיקה, פאראדיי ומקסוול בחשמל ובאנרגיה, ודרווין באבולוציה – ריחפה באוויר תחושה חדשה ומבטיחה. אולי לא נוכל להגיע אל האמת הסופית, אמרה התחושה, אבל אנחנו בהחלט מתקרבים אליה. עוד מעט־קט נאחז בה בידינו ולא נרפה.

"אלת האמת", ג'ולס ג'וזף לפבר, 1870 / ויקישיתוף
Jules Joseph Lefebvre, *"La Verite"* /

שתי אפשרויות של אמת

אמת היא תמיד **התאמה** בין שני צדדים. אמת ותֹאם נובעים ממקור אחד. הקבלה מרבה לעסוק במקור משותף זה, המצביע על כך שהאמת פירושה התאמה, והתאמה משמעותה הרמוניה. להתאמה נדרשים לפחות שני צדדים: אם טענה שלנו תואמת את המציאות – היא אמיתית. אם משפט שלנו מתיישב עם משפטים אחרים במערכת טענות – זהו משפט אמיתי. האמת נקבעת על־פי מידת ההתאמה שבין שני חלקי משוואה.

הרמוניה, כמו קוהרנטיות, הייתה מאז ומעולם אחד המבחנים לאמיתותה של תיאוריה מדעית. ההרמוניה סייעה לתהליך הקבלה וההצדקה של תיאוריות אסטרונומיות, כדוגמת תורת קפלר והתיאוריה הקופרניקאית.

זהות מוחלטת אינה אמת. שתי טענות זהות לחלוטין אינן אלא טענה אחת. את אמיתות הטענה צריך לבדוק ביחס לאלמנט חיצוני לה – או במציאות או במערכת טענות משלימה ומקבילה. כדי שטענה אודות המציאות תהיה אמיתית, יש להבין במדויק את הטענה ואת השפה שבה היא נאמרת, וכן להכיר את המציאות שאליה היא מתייחסת.

אמת יכולה, אם כן, להיות התאמה בין טענה לבין המציאות, או בין טענה לטענות מקבילות במערכת. האפשרות הראשונה עוסקת באמת אובייקטיבית המתקיימת בעולם, האפשרות השנייה עשויה להיות תיאורטית לחלוטין – מערכת אקסיומות שמתוכן צומחות טענות המתיישבות עם הנחות היסוד של המערכת ואינן ניתנות לסתירה. כדי למצוא את האמת באפשרות הראשונה, אנו חייבים לפענח את המציאות. כדי למצוא את האמת באפשרות השנייה, אנו חייבים להוכיח את אמיתות כל המשפטים בתיאוריה ואת הקוהרנטיות ביניהם. בשני המקרים אנו ניצבים בפני בעיה שכרגע, לפחות, אינה ניתנת לפתרון.

המאה העשרים הבהירה לנו, בהקשר הראשון, שלא ניתן להגדיר את המציאות בדרך אחת נכונה ללא תלות בצופה או במתאר, ולכן אפשריות כמה טענות "אמיתיות" על המציאות. בהקשר השני הוכיח לנו המתמטיקאי קורט גדל (ראו מאמרו של ענר שלו בגליון זה), כי במערכת נתונה ייתכנו טענות אמיתיות, שלעולם לא נוכל להוכיח את אמיתותן (או להפריכן). משבר.

אמת, רצון חופשי ודטרמיניזם

התנ"ך מייחס ערך גדול לאמת ומבחין בין נביאי האמת לנביאי השקר, ואילו המיתולוגיה היוונית אינה מתרגשת מאמירת שקר. על האולימפוס שוכנים אלים שונים ורבים, האחראים כמעט על כל תחום של פעילות אנושית, אבל אין אל או אלה הממונים

אלת האמת הרומית היא VERITAS, שהיא גם אלת המעלות הטובות.

>>

>> על האמת. וכאילו לא די בכך – האלים עצמם מרבים לשקר: גם זה את זה, וגם את בני האדם. אליתיה (אמת ביוונית) הייתה מעין רוח קטנה, סוג של נימפה, שנמלטה מתיבת פנדורה והתעופפה לשמים, מה שמסביר מדוע האמת אינה קיימת על פני הארץ כלל ועיקר.

לעומת המיתולוגיה, הפילוסופיה היוונית מייחסת דווקא חשיבות עצומה לאמת. אפלטון האמין שיש בעולם אמת אידיאלית, ושבכוחה של הפילוסופיה להוציא את כולנו מן המערה, לחשוף את המציאות ולהגיע – או לפחות להתקרב – אל האמת. הנחה זו מלווה את התרבות המערבית עד ימינו. תולדות המחשבה המערבית כולה הן מסע ארוך ומתמשך להבנת המציאות ולהכרת האמת. האמת הייתה, ועודנה, משאת הנפש של כל פעילות אנושית ובסיס הכרחי לקיומה של מערכת חברתית מתפקדת.

בגיליון מס' 6 של "אודיסאה" עסקנו בשאלה, עד כמה אנו יכולים להכיר את המציאות. בגיליון מס' 7 הרחבנו בשאלת הדטרמיניזם וחופש הבחירה של האדם. מושג האמת הוא חלק בלתי ניתן להפרדה משתי שאלות אלה. למרות שהחיפוש הפילוסופי אחר האמת לא סיפק הסבר מוסכם, גם כאן (בדיוק כמו בשאלת הרצון החופשי) חשים מרבית בני האדם כי אין, ולא תיתכן, מערכת חברתית־מוסרית ללא אמת, וכי החיפוש אחריה הוא תנאי לרציונליות. בני האדם אינם יכולים להתקיים ולפעול בעולם שאין בו (על־פי הבנתם ותפיסתם) אמת הכרחית, או לכל הפחות, אמת מוסכמת.

הכרה זו נמצאת בשנים האחרונות תחת מתקפה חזיתית מתוחכמת, ששיאה בפילוסופיה הפוסט מודרנית של המאה העשרים. המתקיפים מכחישים הן את קיומה של מציאות אובייקטיבית והן את האפשרות לתת הסבר אחד נכון למציאות זו. לא מדובר בכישלון האדם להגיע אל האמת. מדובר בכך שאין אמת מוחלטת או אמת אחת, אלא אמיתות רבות אפשריות ורלוונטיות; אמיתות תלויות מקום, חברה, תרבות וזמן. הנחת היסוד היא שאין סרגל אובייקטיבי אחד, המאפשר ליצור היררכיה בין כל האמיתות האלה.

התהליך היה אך טבעי. המאה העשרים חוללה ביחס למושג האמת מהפכה פילוסופית, חברתית, אמנותית ולשונית, וזו השתלבה עם מהפכה מדעית מקבילה. ההלם המדעי הראשון אירע עם קריסתה לכאורה של התיאוריה הניוטונית, זו שהיטיבה כל־כך להסביר את המציאות ונחשבה לאמת הוודאית המוחלטת המתייחסת לטיבו של היקום. והנה, זמן לא רב מאז חשף ניוטון את פלאי הטבע, הופיע אלברט אינשטיין וסיפק לאותן תופעות עצמן הסבר שונה לחלוטין. הטבע אולי חד הוא, אבל ההסברים ה"אמיתיים" לפעולתו רבים לפתע ושונים זה מזה.

מהלומה דומה נוספת הונחתה על תחום הגיאומטריה. העולם, שהוסבר במשך שנים באמצעות הגיאומטריה האוקלידית והאקסיומות הבסיסיות שלה, התברר לפתע כעולם אפשרי אחד מני רבים. גיאומטריות לא־אוקלידיות התגלו בזו אחר זו, כשאין בהן כל סתירה פנימית. עתה נראה שלא זו בלבד שההסברים והפרשנויות לתופעות הטבע יכולים להיות שונים – היקום עצמו יכול, באופן תיאורטי, להתקיים ביותר מאופן אחד.

כשמוסיפים להתפתחויות אלה את אי־הוודאות הקוונטית, שבעקבותיה התערער גם העיקרון הדטרמיניסטי של התופעות, ואת כישלונו של אינשטיין להגיע לתיאוריה מאוחדת וכוללת של התופעות – אפשר, אכן, להבין את הלך הרוח הפילוסופי, החברתי והתרבותי שהוליד את המאבק נגד מושג האמת.

הפילוסופיה הפוסט מודרנית, בשילוב הסוציולוגיה הרב־תרבותית, השתלטו בסוף המאה העשרים על המחשבה והשיח לא כהצעה אלטרנטיבית, אלא כזרם מהפכני מנצח. מכאן, מההכרזה על היעדרה של אמת אחת ועד למצב שבו "הכל הולך" – רלטיביזם חברתי, מדעי ומוסרי המבשר אנרכיה ושלילת הרציונליות – הייתה הדרך קצרה. כדי לבסס את הצלחתן, התיאוריות הפוסט מודרניות היו חייבות להציע פתרון למשבר ההכרחי שנוצר בהיעדרה של אמת. אלא שעד עתה הן לא הציעו פתרון ראוי, וכאן טמונה חולשתן העיקרית.

אימות או הפרכה

חשיפת האמת, אמר קארל פופר כשהתייצב להגן על חשיבותה וערכה של הפעולה המדעית, איננה מטרת המתודה המדעית. המדע אינו מנסה, ואף אינו מסוגל, להוכיח טענות אמיתיות אודות העולם. הוא יכול רק להוכיח שטענה מסוימת אינה נכונה. בנושא האמת טען פופר, כי טענות שאינן יכולות לעמוד לבחינה אינן רלוונטיות למושג האמת, ובאשר לטענות שניתן להעמיד למבחן, אין אפשרות להוכיח את אמיתותן אלא רק את אי־נכונותן. כל עוד נראה כל חיינו רק ברבורים לבנים, לא נוכל לטעון **שכל הברבורים לבנים**, אך די בכך שנראה ברבור שחור ולו רק פעם אחת, ומיד נוכל לנסח חוק אמיתי, שלפיו **לא כל הברבורים לבנים**.

פופר הציע דרך המקרבת אותנו אל האמת, אך לעולם לא תוכל להביא אותנו ממש אל פתחה. כפילוסוף שראה במו עיניו את עליית הקומוניזם והנאציזם, שתי אידיאולוגיות רצחניות שטענו כי הגיעו אל האמת המוחלטת, הבין פופר כי ממש כמו התיאוריה המדעית, החברה האנושית חייבת להישאר פתוחה ודמוקרטית אם ברצונה להתקרב אל האמת.

ואכן, ההסבר של פופר על המתודה המדעית השתלב עם אמונתו הליברלית: בעיניו, חברה אנושית שתוותר על חקירת האמת היא חברה אבודה, אבל אל האמת יש להגיע רק דרך הניסוי, הביקורת

"הפילוסופיה הפוסט מודרנית והשיח הרב־תרבותי הפכו במאה העשרים מאלטרנטיבה תרבותית לזרם מהפכני מנצח. מהכרזה על היעדר אמת לא רחוקה הדרך למצב של 'הכל הולך' – רלטיביזם חברתי, מדעי ומוסרי, שפירושו אנרכיה, אי־סדר חברתי ואי־רציונליות. כדי לבסס את הצלחתן, התיאוריות הפוסט מודרניות היו חייבות להציע פתרון למשבר ההכרחי שנוצר בהיעדרה של אמת. עד כה הן לא הציעו פתרון ראוי, וכאן טמונה חולשתן העיקרית"

וההעמדה למבחן – כלומר, בדרך הדמוקרטית. הקושי להגיע אל האמת אין פירושו ויתור על האמת. להפך, דווקא לנוכח הקושי יש להעמידה פעם אחר פעם למבחן ביקורתי; להימנע מקבלת כל סוג של רודנות או שלטון המציג פתרון אחד אמיתי וסופי מזה, ולהתנגד לכל רלטיביזם מוסרי ומדעי משולל היררכיות שאינו מנסה להתקרב אל האמת, מזה.

פופר ניסה אמנם להתייצב לצד האמת, אבל המהפכה הרלטיביסטית לא נבלמה. דור שלם צעיר ותוסס הפנים את מושגי הפוסט מודרניות והצליח, במידה רבה של לוליינות מוסרית, להתקיים ללא אמת אחת, ואפילו ללא אמת בכלל. הצייר יונתן הירשפלד, הכותב בגיליון זה על מושג האמת באמנות, מתאר (ראו מסגרת במאמרו) בצורה בוטה מעט את עקרונותיו של דור זה.

ותיקי הפילוסופים המודרניים, אשר ינקו את מושג האמת עם חלב אמם, מפגינים תיעוב עקבי כלפי הדור הזה. מדע ללא אמת הוא, בעיניהם, פסאודו־מדע. תרבות ללא אמת היא תרבות שוק. חברה ללא אמת היא גיהנום מוסרי, שמחזיר את האנושות אל זירת הגלדיאטורים הרומית. ואף על פי כן, גם הם מודים שבתחילת המאה העשרים ואחת אי־אפשר עוד לדבר על האמת במונחים חד־משמעיים. הוודאות נעלמה, הצופה ונקודת התצפית שלובים זה בזה ומחוברים זה אל זה כתאומים סיאמיים, התיאוריה אינה מתקיימת עוד בבדידות מזהרת אלא תלויה בהקשר ובסביבה, וההוכחה המוחלטת איננה אפשרית. רק דבר אחד נשאר כשהיה: השאיפה האנושית הנצחית והבלתי מרוסנת להסבר ולהבנה.

גיליון מס' 8 של "אודיסאה" נפתח, אם כן, בניסיון של חמישה כותבים להתמודד עם מושג האמת במסגרת הדיסציפלינה שבה הם עוסקים. האם המתמטיקה, מלכת המדעים, חושפת בפנינו את הוודאות ואת האמת המוחלטת, ואולי כל־כולה רק מערכת סמלים אנושית, המצאה שנוצרה במוחו הקודח של האדם, ואשר בינה לבין המציאות אין כל קשר? האם מערכת המשפט והצדק חוקרת את האמת, או שהיא אך ורק בודה מציאות משפטית דמיונית המושפעת מרטוריקה מבריקה ומזיקוקין די־נור של עורכי־דין, שכל מטרתם להציל עבריינים מעונש תמורת שכר נאה?

בין לבין אנו נוגעים, בין השאר, בפרדוקס השקרן דרך עבודתו של האמן מיטש בקר (מאמרה של ד"ר אורלי שנקר), בתומס קון (מאמרו של דודי גולדמן), האיש שהציע לנו הסבר שונה על טיבה ומטרתה של העבודה המדעית, באפשרות קיומם של חיים ביקום אחר משלנו (מאמרו של ד"ר גלעד פרז) ובמושג האותנטיות, באמצעות הסרט "שובו של מרטן גר" (מאמרו של פרופ' יוסי יונה).

האם מסע החיפוש אחר האמת דומה לעגלה ההולכת ומתמלאת לאיטה לאורך הדרך, או למחסן סחורות שמדי פעם בפעם זורקים מתוכו ישן מפני חדש? האם אנו מתקדמים? האם הידע מצטבר נדבך על גבי נדבך, או שאנחנו נוטים להחליף אמיתות כמו גרביים? האם אנחנו מעדיפים, כפי שגורס תומאס קון, תיאוריה מדעית אחת על פני אחרת מאינטרסים ומשיקולים תרבותיים וחברתיים, ובמנותק מן האמת האובייקטיבית?

3,000 שנה עברו מאז הכריע שלמה המלך בין שתי אמהות. החרב סיפקה את ההוכחה ואפשרה לשלמה לקבוע, מי אומרת אמת ומי משקרת. היום ניתן היה לבצע בדיקה גנטית פשוטה ולמצוא את האם האמיתית ללא מניפולציות פסיכולוגיות. יש תחומים שבהם עברנו דרך מופלאה ביכולתנו להגיע אל האמת. במקרים אחרים דומה שאנו ממשיכים ללכת, כמו במחזהו של חנוך לוין, בחשכה. ככל שאנו משתוקקים לגלות את האמת המוחלטת, כך אנו נסוגים מפניה, ובכל פעם שאנחנו בטוחים שהנה־הנה קרבנו אליה, עוברת הרכבת ושאון גלגליה בולע את קולה האבסולוטי של האמת. או כפי שאומר המשורר סטיבן קריין בשיר הפותח את הגיליון, "האמת, בסופו של דבר, אינה אלא חזיון תעתועים". ■

שמואל שם־טוב הוא איש תקשורת, עורך כתב העת "אודיסאה" ומנהל מרכז הספר והספריות בישראל

החיפוש המדעי

[11]

האמת, רק האמת וכל האמת

חמישה כותבים מחמש דיסציפלינות מחקר שונות בוחנים את מושג האמת. האם יש אמת אחת? האם אנו מסוגלים להגיע אל האמת? האם האמת המתמטית שונה מהאמת המשפטית? למה אנו מתכוונים כשאנו אומרים אמת? על אמת במתמטיקה, אמת במשפט, אמת באמנות, אמת ספרותית ואמת היסטורית

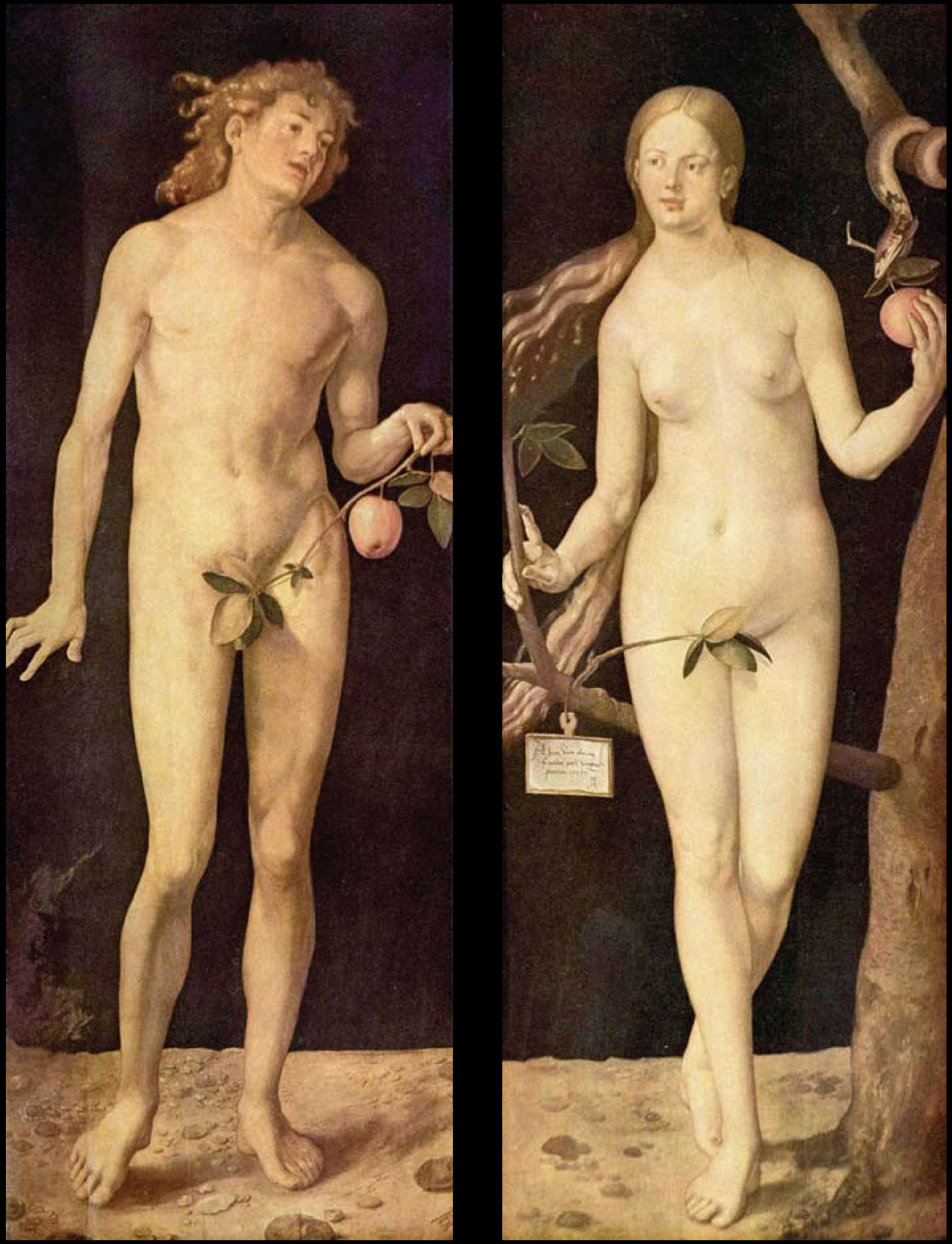
1 / היהלום שבכתר
פרופ' ענר שלו על האמת המתמטית ואמת במתמטיקה

2 / את מי מעניינות עובדות?
עו"ד ד"ר יעקב וינרוט על אמת משפטית והאמת בבית־המשפט

3 / אמיתי כמו הזעקה
פרופ' אריאל הירשפלד על אמת ספרותית ואמת בספרות

4 / בלק הכלב המשוגע
האמן יונתן הירשפלד על אמת באמנות ופוסט מודרניזם

5 / גם העבר כבר לא מה שהיה
הסופר ד"ר אסף ענברי על אמת היסטורית ואמת בהיסטוריה



"אדם וחוה", אלברכט דירר, 1507 / ויקישיתוף

ענר שלו

היהלום שבכתר

היא מכונה מלכת המדעים, והשלמות והוודאות שהיא מייצגת, משמשות מודל לחיקוי. בני האדם רואים במתמטיקה אמת שאינה ניתנת לערעור – מערכת דדוקטיבית המסוגלת לתאר את מהות העולם באמצעות הוכחות מדויקות. מה בעצם מתארת המתמטיקה, ובאילו אמצעים? פרופ' ענר שלו מצביע על הישגי השיטה הדדוקטיבית ומגבלותיה, ועל האופטימיות הנובעת ממגבלות אלו

■ לכאורה, אמת ומתמטיקה שזורות זו בזו. מושג האמת במתמטיקה נראה פחות מעורפל ובעייתי מאשר בכל תחום מדעי אחר, והוודאות המתמטית היא משאת נפש ומודל לחיקוי למרבית תחומי המחקר. אלה כוללים אפילו את מדעי הרוח, ובעיקר פילוסופיה (ופילוסופיה אנליטית במיוחד) ובלשנות (למשל, בלשנות גנרטיבית).

במדעי החברה (כמו סוציולוגיה, פסיכולוגיה וחינוך) דוחקות לאחרונה שיטות כמותניות ומתמטיות (המבוססות על סטטיסטיקה) שיטות קלסיות איכותניות, וההנחה הסמויה היא, ששפה וכלים מתמטיים (או פסאודו־מתמטיים) מעניקים חותמת כשרות של אמת וודאות.

במדעי הטבע השימוש במתמטיקה הוא, כמובן, עתיק יומין עוד יותר. תחומים מתמטיים קלסיים רבים (כגון החשבון הדיפרנציאלי והאינטגרלי ומשוואות דיפרנציאליות) פותחו ממוטיבציות פיזיקליות שונות. אבל, למרות השימוש בכלים מתמטיים מורכבים, גם במדעי הטבע תיאוריה אחת מחליפה וסותרת תיאוריה שנייה, ויש תורות מרכזיות (כגון תורת המיתרים), שאין לאיש מושג אם הן נכונות.

לעומת זאת, האמיתות המתמטיות הן נצחיות. באסטרונומיה, קופרניקוס היה צריך לסתור את אריסטו כדי להיות קופרניקוס; בפיזיקה, אינשטיין היה צריך לסתור את ניוטון כדי להיות אינשטיין; אבל **התורות המתמטיות נבנות זו על זו, ולא זו במקום זו.**

מתמטיקה היא, כנראה, הדיסציפלינה היחידה שבה כל חוקר נבנה על הישגי קודמיו, ולא על שלילת תורות קודמות. זו גם הסיבה למורכבות העצומה של הוכחות מתמטיות מסוימות, שנבנות נדבך על נדבך ויכולות לאכלס מאות ואלפי עמודים. לדוגמה, מיון החבורות הפשוטות הסופיות – אחד ההישגים המרשימים של האלגברה בכל הזמנים – מתפרש על פני כ־15,000 עמודים, שנכתבו על־ידי מתמטיקאים רבים (אם כי כיום יש גישה חדשה, שכנראה מניבה הוכחה "קצרה" של כ־5,000 עמודים).

עצם מושג ההוכחה כמפתח לזיהוי האמת, שהחל בגיאומטריה האוקלידית ונמשך עד הוכחת משפט פרמה ועד בכלל, נראה ייחודי למתמטיקה ומעניק לה ודאות מעוררת קנאה. אכן, יש לרוב קונצנזוס סביב הוכחות במתמטיקה, וגם אם מתפרסמות לעתים הוכחות שגויות, הדבר מתגלה. אבל מהי בעצם הוכחה, ומהי האמת במתמטיקה, והאם האמיתות המתמטיות הן אכן מוחלטות וניתנות תמיד להוכחה?

על מה אנחנו מדברים כשאנחנו מדברים מתמטיקה

על מה אנחנו מדברים כשאנחנו מדברים על אהבה, תהה ריימונד קרבר בקובץ סיפורים בשם זה. על מה אנחנו מדברים כשאנחנו מדברים מתמטיקה? תלוי את מי שואלים ומתי.

בראשית ימיה נחשבה המתמטיקה למדע טבע, והאמיתות המתמטיות – לאמיתות המתארות את העולם הפיזיקלי שבו אנו חיים. שני ענפי המתמטיקה הקדמונים היו אריתמטיקה (חשבון) וגיאומטריה, וההשקפה הייתה ששניהם מתארים את העולם החיצוני. למשל, פעולות חיבור וחיסור היו שימושיות למסחר, וגיאומטריית המישור הייתה שימושית לחקלאות ולחישובי שטחים. מבחינה זו לא היה הבדל מובהק בין אמת מתמטית ואמת פיזיקלית.

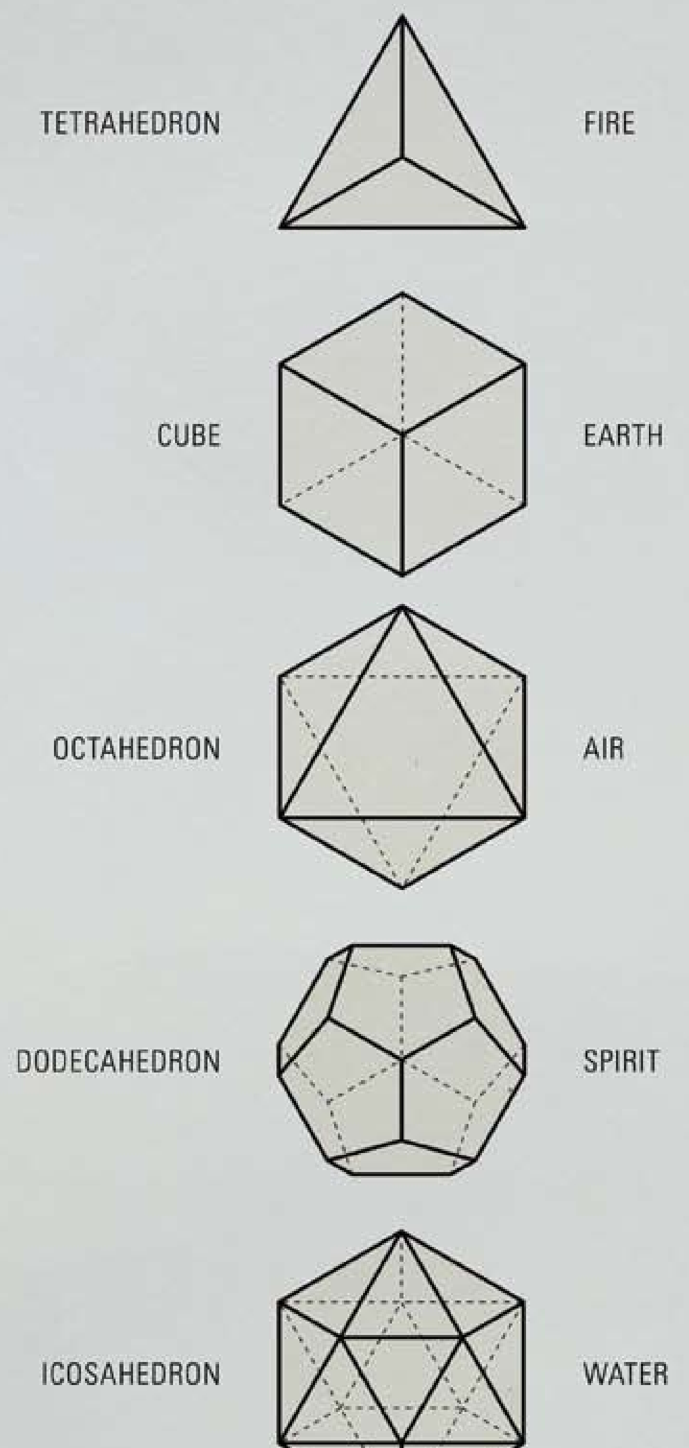
אבל אם כך הדבר, מהיכן מקור הוודאות המיוחסת לטענות מתמטיות? מה מאפשר לתבונה שלנו היכרות אינטימית כל־כך עם העולם החיצוני, אם אכן בו עוסקת המתמטיקה ואותו היא מתארת? ואם המתמטיקה אינה עוסקת בו, במה היא עוסקת בעצם?

לשאלות אלה ניתנו לאורך השנים תשובות רבות. אפלטון האמין בצורות, או אידיאות, שהן נצחיות ולא משתנות, ושאפשר להגדירן במדויק ובאופן בלתי תלוי בתפיסת החושים שלנו. בין אידיאות אלה הוא כלל את המספרים ואת הצורות הגיאומטריות (נקודות, ישרים, משולשים, מעגלים). המתמטיקה, לדעת אפלטון, עוסקת בעצמים אלה וביחסים ביניהם, שהם קבועים, אוניברסליים ובלתי משתנים. מבחינה זו, המתמטיקאי אינו יוצר עולמות או משפטים חדשים, אלא רק חושף אמיתות שקיימות בעולם מאז ולתמיד.

אריסטו התנגד להפרדה אפלטונית זו בין צורות ואידיאות לבין עצמים פיזיים והדגיש את הקשר שבין המתמטיקה ומדעי הטבע. לדעתו, המתמטיקה היא באמצע הדרך בין הפיזיקה למטאפיזיקה, והיא עוסקת בסימטריה ובסדר שהם ממרכיבי היופי.

הייתה זו תורתו של הפילוסוף עמנואל קאנט, כאלפיים שנה מאוחר יותר, שהציעה גישה חדשה ומקורית למכלול נושאים, ובכללם למהות המתמטיקה. לדעת קאנט, העולם, כפי שאנו תופסים אותו בחושינו ובשכלנו, הוא שילוב של שני מקורות: העצם כשהוא לעצמו, שהוא

>>



"הגופים המשוכללים של אפלטון" – בגיאומטריה של המרחב, פֵּאון משוכלל הוא גוף קמור המוגבל על ידי מצולעים משוכללים, כך שבכל קודקוד שלו נפגש מספר שווה של מקצועות ולכל פאה מספר שווה של פאות שצמודות לה. בשלושה ממדים קיימים חמישה פאונים משוכללים בלבד. אפלטון, בדיאלוג "טימאוס" העוסק בקוסמולוגיה, מזכיר את הגופים הללו ועורך התאמה ביניהם לבין יסודות העולם: אש, אוויר, מים, אדמה ורוח. / איור ע"י מייקל פאוקנר, Michael Paukner

<< חיצוני לנו, והעיבוד התבוני שלנו, שהוא תוצאה של המבנה הפנימי שלנו. מושגי החלל והזמן שייכים, על־פי קאנט, לקטגוריה השנייה: הם צורות ארגון של התבונה שלנו שאנו משליכים על העולם, והם אינם קיימים בעולם החיצון.

לדעת קאנט, **החלל והזמן הם אובייקטים מתמטיים**: הגיאומטריה עוסקת בחלל, והאריתמטיקה בזמן. יכולתנו להכיר אותם ולהסיק מסקנות מתמטיות ודאיות ואוניברסליות נעוצה בעובדה, שהחלל והזמן הם יצירי התבונה שלנו. על העצם כשהוא לעצמו אין אנו יכולים לומר כלום ישירות, כי הוא חיצוני לנו. המתמטיקה אפשרית וודאית כי האובייקטים בהם היא עוסקת הם פנימיים: צורות ארגון של התבונה האנושית שניתנות להכרה על־ידיה, בבחינת רק על עצמי לספר ידעתי.

איך אנחנו מדברים כשאנחנו מדברים מתמטיקה

כמו בספרות, גם במתמטיקה האיך חשוב לא פחות מהמה. במילים אחרות, השאלה במה עוסקת המתמטיקה אינה ממצה את מהותה. שאלה חשובה לא פחות היא איך – באילו שפה וכלים עוסקת המתמטיקה באובייקטים שלה.

מתמטיקה היא שפה, ואי־אפשר להבין אותה בלי ללמוד קרוא וכתוב, בלי לדבר את השפה המתמטית (שאינה השפה של המאמר הזה). השפה המתמטית חוצה גבולות ועמים, ועם זאת, מעטים מדברים אותה. זו שפה ששורשיה בעולם העתיק, אבל היא לא חדלה להתפתח, ומילים חדשות מומצאות ללא הרף. חלק ממילים אלה – למשל, קבוצה, חבורה, שדה, חוג, יריעה, אלומה, בסיס – נשמעות מוכרות לכולנו, אבל משמעותן המתמטית שונה לגמרי ממשמעותן בשפות טבעיות.

גם הכלים המתמטיים הם ייחודיים, והבולט ביניהם הוא ההוכחה. ביוון העתיקה פותחה השיטה הדדוקטיבית, על־פיה מוכיחים משפטים מתמטיים תוך שימוש באקסיומות וכללי היסק. כדי לדעת, למשל, שמשפט פיתגורס הוא אמיתי, אין צורך למדוד אורכי צלעות של משולשים ישרי זווית המשורטטים במציאות (ממילא ניתן לבצע רק מספר מדידות סופי, שאינו חל על כל המשולשים, והמדידות אינן מדויקות), אלא מספיק להסיק אותו מן האקסיומות של אוקלידס. ההנחה המובלעת הייתה שברור מאליו שאקסיומות אלה נכונות (חלות על העולם בו אנו חיים), ולכן גם כל מה שנובע מהן הוא אמיתי. בהמשך עלו ספקות לגבי הנחה זו, במיוחד לגבי אקסיומת המקבילים, שאת תקפותה בעולם אין אפשרות מעשית לוודא. מנין הביטחון שדרך נקודה שמחוץ לישר נתון ניתן להעביר מקביל יחיד לאותו ישר? אולי יש דווקא כמה מקבילים שונים? או אף אחד?

במאה התשע־עשרה קיבלו גישות אלה ביטויים מתמטיים מדויקים. נבנו מערכות אקסיומות לגיאומטריית המישור שאינן כוללות את אקסיומת המקבילים. פותחה גיאומטריה אליפטית, שבה אין כלל ישרים מקבילים וסכום הזוויות במשולש גדול מ־180 מעלות (ניתן לחשוב על פני כדור תלת־ממדי כעולם בו גיאומטריה זו חלה). כמו כן פותחה גיאומטריה היפרבולית, שבה סכום הזוויות במשולש קטן מ־180 מעלות. בכל שלוש הגיאומטריות (אוקלידית, אליפטית, היפרבולית) ניתן להוכיח משפטים, אבל כיצד נדע אם משפטים אלה אכן מתארים את העולם האמיתי?

בסוף המאה התשע־עשרה ותחילת המאה העשרים פותחה השקפה חדשה, על־פיה אמת מתמטית אינה נכונות בעולם הפיזיקלי, אלא גזירה תקפה של מסקנות מהנחות (אקסיומות). לדוגמה, משפט פיתגורס עצמו אינו אמת מתמטית, אבל גזירתו מהאקסיומות של אוקלידס היא אמת כזו. במערכת אקסיומות אחרת הוא לא יהיה נכון. על־פי השקפה זו, תפקיד המתמטיקה אינו חקר המציאות, אלא הסקת מסקנות מהנחות. הסקה זו (הוכחה) צריכה להיעשות על־פי כללים לוגיים ברורים ובשפה מתמטית פורמלית, והלוגיקה המתמטית שהתפתחה מאוד באותה תקופה, ניסתה לתאר כללים ושפות אלה (תחשיב פסוקים, תחשיב יחסים, וכולי).

גישה זו מנתקת במובן מסוים את המתמטיקה ממדעי הטבע והופכת אותה לענף של הלוגיקה. יתר על כן, ההוכחה הפורמלית היא סדרה

"בניגוד לתפיסה האפלטונית של עולם אידיאות אחד, אוניברסלי, ושל המתמטיקאי כמגלה אמיתות קיימות בעולם, ניתן לדבר במתמטיקה המודרנית על הרבה עולמות אפשריים, ועל המתמטיקאי כבורא עולמות חדשים. בתהליך בריאה כזה מעורבות לא רק הוכחות, אלא גם בחירת אקסיומות חדשות, ניסוח שאלות ויצירת שפה ועולם מושגי חדש. אלה פעילויות מהותיות במתמטיקה שלא מרבים לדבר בהן"

סופית של סמלים שניתנת להיבדק, ואולי אפילו להיווצר, על־ידי מחשב. תקוותם של גוטלוב פרגה, דייוויד הילברט, ברטרנד ראסל ואחרים הייתה להצרין את כל ענפי המתמטיקה הקיימים וליצור מערכות, שבהן כל משפט נכון יהיה ניתן להוכחה פורמלית, וכל משפט אפשר יהיה להוכיח או להפריך. היה זה לוגיקאי אוסטרי בשם קורט גדל, שהפתיע את העולם המתמטי בהראותו כי תקווה זו אינה ניתנת להגשמה.

בין איך ומה: משפט גדל ותוצאותיו

ב־1931 הוכיח גדל את משפט אי־השלמות. כדי להבין משפט זה ראוי לומר כמה מילים על סינטקס וסמנטיקה. סינטקס היא מערכת אקסיומות וכללי היסק פורמליים בשפה נתונה, שמאפשרת להוכיח משפטים. למשל, השפה והאקסיומות יכולות לתאר את תורת המספרים, והמשפט המוכח יכול להיות משפט פרמה המפורסם. המשפטים שניתן להוכיח יהיו נכונים בכל מבנה (מודל) שמקיים את האקסיומות של התורה. המבנים הנ"ל הם מערכות סמנטיות, ומושג הנכונות (במבנה נתון) הוא מושג סמנטי. מושג ההוכחה, לעומת זה, הוא מושג סינטקטי, והתכנית השאפתנית של הילברט וראסל הייתה לבנות מערכות סינטקטיות עבור המספרים הטבעיים, ומערכות סמנטיות אחרות, שבהן כל מה שנכון יהיה יכיח (ניתן להוכחה).

את הקשר הנכסף הזה בין סינטקס וסמנטיקה ניתק גדל במשפט אי־השלמות שלו. הוא הראה שבכל מערכת אקסיומות עבור המספרים הטבעיים (בה האקסיומות ניתנות לזיהוי אפקטיבי) יהיו **משפטים נכונים אבל בלתי ניתנים להוכחה**. גם אם נוסיף אקסיומות, תמיד יהיו משפטים כאלה, שאי־אפשר להכריע אם הם נכונים או לא. הוכחת משפט גדל היא ארוכה ומסובכת, אבל הרעיון בבסיסה הוא פשוט. גדל הצליח לנסח בשפה פורמלית משפט שאומר: **אי־אפשר להוכיח אותי.** אם משפט זה אינו נכון אז אפשר להוכיח אותו, ואז הוא בהכרח נכון, סתירה. לכן משפט זה נכון. לכן גם אי־אפשר להוכיח אותו. משפט כזה נקרא בלתי תלוי (באקסיומות).

דוגמאות יותר טבעיות ופחות רפלקסיביות למשפטים כאלה נמצאו בהמשך – למשל, בתורת הקבוצות. גיאורג קנטור הגדיר מספרים אינסופיים שונים בעלי עוצמות שונות. הרעיון מאחורי ההגדרה הוא פשוט אך מהפכני: שתי קבוצות הן שוות עוצמה אם יש התאמה חד חד ערכית בין אבריהן. קנטור הגדיר יחס סדר בין עוצמות, ושיער שבין האינסוף הקטן ביותר (עוצמת קבוצת המספרים הטבעיים) לאינסוף שנקרא רצף (עוצמת קבוצת המספרים הממשיים) אין אף עוצמה. השערה זו נקראת השערת הרצף, ורבים ניסו להוכיח אותה תוך שימוש באקסיומות תורת הקבוצות.

בשנות השלושים של המאה העשרים הצליח גדל להוכיח שלא ניתן להפריך השערה זו (על־ידי בניית עולם שבו השערה זו נכונה). בשנות השישים של המאה העשרים פיתח פול כוהן שיטה מהפכנית שנקראת כפייה; תוך שימוש בה הוא בנה עולם שבו השערת הרצף אינה נכונה, ומכאן הסיק שהיא אינה ניתנת להוכחה. לשיטת הכפייה נמצאו מיד שימושים רבים נוספים, והיא הפכה למכשיר עיקרי בהוכחות אי־תלות. טכנית, שיטת הכפייה היא מורכבת וקשה לתיאור כאן, אולם רעיונית, אפשר לראות אותה כדרך לכפיית רצון על העולם.

סוף דבר

קיומן של טענות שאינן ניתנות להוכחה או להפרכה, מפריד את מושג האמת במתמטיקה ממושג היכיחות ומדגים את מוגבלות ההוכחה הפורמלית ואת הקושי העקרוני העומד בפני התכנית השאפתנית להצרנת כל ענפי המתמטיקה. עם זה, ההוכחה היא עדיין כלי מרכזי במתמטיקה, והוכחות חדשות ומשפטים חדשים מתגלים מדי יום. העובדה שלא הכול יכיח, עדיין מותירה ספקטרום אינסופי של טענות יכיחות ושל הוכחות ודאיות ובעלות יופי רב. הוודאות במתמטיקה אכן עולה, לדעתי, על הוודאות בכל תחום אחר.

בניגוד לתפיסה האפלטונית של עולם אידיאות אחד, אוניברסלי, ושל המתמטיקאי כמגלה אמיתות קיימות בעולם, ניתן לדבר במתמטיקה המודרנית על הרבה עולמות אפשריים, ועל המתמטיקאי כבורא עולמות חדשים. בתהליך בריאה כזה מעורבות לא רק הוכחות, אלא גם בחירת אקסיומות חדשות, ניסוח שאלות ויצירת שפה ועולם מושגי חדש. אלה פעילויות מהותיות במתמטיקה שלא מרבים לדבר בהן.

רבים מתייחסים בפסימיות למשפט גדל, המדגים את מגבלות השיטה הדדוקטיבית הפורמלית, אולם לדעתי, אלה אינן בהכרח חדשות רעות. משפט גדל מראה שהאמת המתמטית אינה ניתנת לחשיפה על־ידי אוטומטים, אלא על־ידי בני אדם.

בניגוד למחשבים, לבני אדם יש לא רק יכולת דדוקטיבית, אלא גם רצון, דמיון, יכולת בחירה ותחושות אסתטיות. כל המרכיבים האלה באים לידי ביטוי במתמטיקה. למשל, הצורך לבחור מערכת אקסיומות ולהגדיר מבנים מתמטיים חדשים, שהם תולדה של דמיון ויופי. אפשר לפתח תורות מתמטיות רבות שכולן יהיו תקפות מבחינה לוגית, אבל מה שגורם לתורה אחת להתקבל ולהתפתח ולאחרת להישכח, שייך גם לתחום האסתטי ולקיום (או להיעדר) קשרים מפתיעים עם תורות אחרות. קיומן של טענות בלתי תלויות (כמו השערת הרצף) מדגים גם את החופש שניתן למתמטיקאי (למשל, להוסיף השערה זו כאקסיומה ולבדוק את תוצאותיה), ואת המרכיב של רצון, בחירה ויופי במושג האמת. מבחינות אלה, מתמטיקה היא מדע רוח לא פחות (ואולי יותר) ממדע טבע, וכל דבר אנושי אינו זר לה. ■

יעקב וינרוט

את מי מעניינות עובדות?

עד כמה ההודאה – "מלכת הראיות" – אכן מאפשרת חשיפה של האמת? האם שופט מסוגל להצדיק רציונלית את ההחלטה למי בחר להאמין? עו"ד יעקב וינרוט מצביע על המרחק העצום בין הליך בירור העובדות בבית־המשפט לחשיפת האמת

■ משפטי ערך – בניגוד למשפטי עובדה – אינם נתונים, מעצם מהותם, למבחן של אמת או שקר. אולי דווקא משום כך התיאוריה המשפטית עוסקת ברובה בחלק הנורמטיבי של המשפט, בעוד שהליך בירור וקביעת העובדות – עיקר עיקרו של המשפט ויסוד חולשתו – מונח לו מבויש בקרן זווית.

תהליך בירור העובדות נעשה אצלנו, קודם כול, באמצעות המשטרה. מעניין שאין עד עצם היום הזה מחקר מקצועי, רציני ומקיף, שבדק את השפעות החקירה ושיטותיה על גילוי האמת. יש לזכור שבמהלך החקירה מושלך אדם לחדרי החקירה, נתון לשיטות חקירה לוחצות, שעה שהוא עקור מעוגניו ומסביבתו, מוצג ברבים כפושע, שרוי בתנאי אי־ודאות אותם לא חווה מעולם ומאבד את חוויית הזמן והמקום.

הדברים חמורים במיוחד נוכח הכרסום המתמיד בזכות השתיקה, נוכח היעדר תיעוד מקיף ומצולם של החקירה, ונוכח העובדה ששופטים מעניקים, הלכה למעשה, משקל מוחלט להודאת נאשם ולדבריו במשטרה. גם אם הנאשם לא הודה, הרי שכל אמירה לא נכונה שלו הופכת להיות טעות פטאלית, בבחינת מעוות לא יוכל לתקון. הנאשם מצוי לבדו ואין איש עימו. אפילו עורך־דינו אינו רשאי להיות נוכח שם, שהרי הסניגור הוא לעולם בן בריתו של השטן, והשוטר הוא לעולם שליחו של הצדק בצד"י רבתי.

איש גם אינו כותב על דבר הידוע ברבים, כי ברוב המקרים, הנימוק של מניעת שיבוש הליכים להצדקת המעצר הוא תואנת שווא, וכי לאמיתו של דבר, תכלית המעצר בשלב החקירות אינה אלא הפעלת לחץ נוסף על הנחקר להודות באשמה ולקנות את הטווח הקצר, שבו הוא שרוי במצוקה נוראית, במחיר הטווח הארוך. חשודים ונאשמים רבים, רבים מדי, נפלו במלכודת ההנחה, שהודאת הכזב שלהם תתברר ככזו בבוא המשפט, שהרי האמת, כך כולנו מאמינים בנאיביות שאין לה תקנה, סופה לצוץ בהכרח.

איש גם לא בדק איזו השפעה יש לתנאי המעצר המחפירים במדינת ישראל על הודאתו של הנחקר, או מה זכות יש לה לחברה הישראלית לעצור אדם בתנאים כאלה. אך עובדה היא, כי אחת מטכניקות הלחץ של המשטרה היא השלכת החשוד לתנאי מעצר בלתי נסבלים.

במישור אחר, שאינו מישור ההודאה, יש גם יש מאמרים ומחקרים, שעסקו בטעויות של עדי ראייה ובתעתועי זיכרון, לעתים טעויות שכיחות ואפילו בלתי נמנעות. ואולם, מחקרים אלה לא עוררו דיון משפטי של ממש, והעולם המשפטי כמנהגו נוהג. אפילו בפרשיות שבהן התברר, כי הודאות שניתנו ושחזורים שנעשו היו הודאות ושחזורי כזב, איש אינו בוחן את השאלות הנוקבות, מה הביא את החשודים להודאות ולשחזורים הללו, ולו על מנת להפיק לקחים שלא להסתנוור מעוצמת ההודאה והשחזור ככלי לחשיפת האמת.

ככלל, האגנוסטיציזם מודר מהשדה המשפטי. איש אינו שואל את עצמו, כיצד קורה הנס, שדווקא בתחנת המשטרה אדם מוצא את התחליף לכומר הווידוי ומשים עצמו רשע; כיצד לפסיכיאטר דרושות שנים רבות של נבירה בנפש, שעה שלשוטר דרושים רק כמה שעות או ימים על מנת להביא את החשוד להתוודות ולהכריז על עצמו בפרהסיה כפושע.

הפילוסופיה האגנוסטית טוענת, שדברים שאיננו יכולים להוכיח, אין לנו אפשרות לקבוע עמדה חד־משמעית לגביהם. כך, למשל, שאלת קיומו של האל. איננו יודעים אם הוא קיים או לא, וכנראה גם לא נוכל לדעת. יש דברים שבית־המשפט אינו יכול להוכיח, ולכן אינו יכול לקבוע עמדה נחרצת לגביהם.

מדהים להיווכח כי פליאה זו השתקפה, לראשונה בתולדות הפסיקה הישראלית, בדבריה של השופטת דליה דורנר, בדעת יחיד, בפסק־דינו של סולימאן אל־עביד, אליו עוד נחזור.

כאשר עוברים משלב החקירה לשלב השפיטה, המצב אינו טוב בהרבה. לא רבים מבינים שכל מה שמערכת הצדק במדינת ישראל מספקת לנאשם, אינו אלא שופט דן יחיד, המוסמך לגזור את גורלו לשנות מאסר ארוכות בעבירות חמורות מאין כמותן, וזאת בשעה שהערעור על החלטתו מוגבל **לטעות משפטית** בלבד, ואילו **העובדות שנקבעו** במהלך המשפט חסינות, למעשה, מערעור ומבדיקה חוזרת.

גרוע מזה. אותו שופט יחיד – כמו שופטים בכלל – אינו חייב לבסס את ממצאיו ואת החלטתו לגבי העובדות שקבע כי הן הנכונות, באופן הניתן לאישוש או להפרכה על בסיס רציונלי ומנומק. די לו שיאמר בפשטות כי האמין לפלוני במקום לאלמוני. ערעור שינסה לתקוף הנמקה זו יידחה על הסף, שהרי מי הוא זה שיכול להיכנס לנעליו של השופט,

ראו בנושא זה גם את מאמרה של פרופ' מיה בר־הלל על ההבדל והדמיון בין ההליך המשפטי בבית־משפט להליך המחקרי בניסיונות מדעיים, בהמשך הגיליון.

<<

CALVIN WASHINGTON
C&E Motel, Room No. 24, Waco, Texas. Where an informant claimed to have heard Washington confess. Served 13 years of a Life sentence for Murder. 2002
© 2003/2010 Taryn Simon. Courtesy Gagosian Gallery

מתוך פרויקט צילומי הנקרא "החפים מפשע", טרין סימון, 2002 / האמנית האמריקאית טירן סימון עובדת בתפר שבין צילום תיעודי לאמנות. ברוב עבודותיה היא משלבת טקסט כדי להמנע ממצבים של חוסר בהירות או פרשנויות בלתי רלוונטיות. הצילומים שלה מבוימים ומאוד מוקפדים. החיכוך בין הצילום הנקי והמלוטש לבין תוכן הצילום המטריד הא שיוצר את הכוח בעבודותיה. לאחר שנשלחה ע"י ה"ניו יורק טיימס" לצלם פורטרטים של אנשים שהורשעו ונאסרו בעוון פשע שלא ביצעו, התעורר אצל סימון הצורך להעמיק בנושא ולקחת אותו צעד נוסף קדימה. סימון נדדה ברחבי ארה"ב וצילמה עשרות חפים מפשע שנידונו למאסר ולאחר שנים חפותם הוכחה. בפרויקט הצילומי־תיעודי הזה היא חקרה את התהליך המוביל להרשעה מוטעית וכיצד מתודת הצילום מעורבת בו. סימון ראיינה את המצולמים וביימה יחד איתם צילום בזירה בה הופללו או בזירת האליבי שלהם. כל צילום בפרויקט מלווה בטקסט המתאר את מקרה ההרשעה ונסיבותיו.

למעלה: "**קלווין וושינגטון**", נעצר במוטל C&E חדר מס' 24, בוואקו, טקסס. שם טען מלשין ששמע את וושינגטון מתוודה. הנאשם שלא בצדק, ריצה 13 שנים מתוך מאסר עולם בעוון רצח.

TIM DURHAM
Skeet shooting, Tulsa, Oklahoma
11 alibi witnesses placed Durham at a skeet-shooting competition at the time of the crime
Served 3.5 years of a 3,220 year sentence for Rape and Robbery. 2002
© 2003/2010 Taryn Simon. Courtesy Gagosian Gallery

מתוך פרויקט צילומי הנקרא "החפים מפשע", טרין סימון, 2002.
"**טים דורהאם**", תחרות ירי למטרה, טולסה, אוקלהומה.
11 עדי אליבי העידו שדורהם נמצא בתחרות הירי בזמן שהתרחש הפשע. ריצה 3.5 שנים מתוך עונש של 32 שנים בעוון אונס ושוד.

>> אשר התרשם ישירות מן העדים, וראה את תגובותיהם, כי "**אזיל סומקא ואתי חיורא**" (ובעברית: "נעלמה אדמומית פניו ובמקומה בא החיוורון"), על־פי המכתם הארמי שטבע השופט משה זילברג. בית־המשפט העליון דחה גם ניסיון של השופט אורי שטרוזמן לחייב את בית־המשפט לנמק באופן רציונלי וגלוי כל מקרה שבו הוא מעדיף את עדותו של פלוני על עדותו של אלמוני, כשהוא מוציא מכלל שיקוליו התרשמות גרידא.

ברור לכל משפטן, שאילו בנו מהנדסים גשרים על סמך השיטה שעל־פיה מסיק בית־המשפט ממצאים עובדתיים, כגון תחושות, התרשמויות, עדויות וכיוצא באלה, לא היה נמצא גשר שלא היה קורס. אף על פי כן, בית־המשפט לא היה מהסס להעמיד לדין את בוני הגשר, שהשתמשו בשיטותיו שלו.

במסגרת הדיון כאן לא אדון בשאלה העקרונית והחמורה בהרבה, **האם בית־המשפט מברר את האמת או מכונן אותה? האם הוא חוקר את מה שקרה, או יוצר סיפור משלו?** שאלה זו מעסיקה את הוגי הדעות בענפים רבים, אולם, ככל שהדבר נוגע לתחום המשפט, לא מדובר בשאלה תיאורטית בדבר קיומה האובייקטיבי של אמת המצויה "שם בחוץ", אלא בשאלה הרת גורל לאלפי אנשים.

משפט חנית קיקוס

אדגים את הליקויים בכינון "האמת המשפטית" באמצעות פרשת סולימאן אל־עביד. בית־המשפט קבע, באותו מקרה, שהוא רוצח הנערה חנית קיקוס ז"ל. המקרה הזה ידגים לא רק את העליבות המשפטית בכל הקשור לתחום העובדתי, אלא גם את מות משענת הקנה הרצוץ של כלל "**הספק הסביר**", אשר עמד לנאשם בעבר כסכר מפני הרשעות שווא.

נערה צעירה בשם חנית קיקוס נעלמה לילה אחד באופקים שבדרום. במשך שבוע ימים המתה כל הארץ, ובייחוד העיירה אופקים, שבה אין אדם שאינו מכיר את רעהו. השערות מהשערות שונות עברו מפה לאוזן, יום נשק ליום והרוצח לא נמצא. כך היו הדברים, עד שבדואי בשם סולימאן אל־עביד נעצר ונתפס כחשוד. לאחר מעצרו עסקו הבריות בטיבם וטבעם הידוע של הבדואים, ולאחר זמן קצר הסערה שככה – הרוצח נמצא, הצדק ייעשה, והושלם מה שהיה חסר מן הספר.

סולימאן עבד לפרנסתו בשעות המאוחרות של הלילה כמפעיל דחפור כבד במזבלת דודאים. במשפט איש לא חלק על כך שהוא רפה שכל, ואף התקיים דיון מלומד בשאלה, האם הפיגור שלו הוא אורגני או סביבתי. מי שהביא למעצרו של סולימאן היה אזרח טוב, שחשד בו בגין שני אלה: ראשית, באותו ערב הגיע סולימאן למזבלה, ברכב של מעבידו, בשעה מוקדמת מהרגיל. שנית, כמה ימים לאחר מכן, בשיחות קפה שבין עובדי המזבלה לבין נהגי המשאיות, אמר סולימאן שהנערה "נמצאת בזבל". בכך היה די כדי לעצור אותו.

לאחר שסולימאן נעצר, המשטרה הפעילה עליו את כל כלי החקירה הנקוטים בידה. סולימאן הודה תחילה ברצח הנערה, חזר בו מהודאתו, שב והודה ושב והכחיש וחוזר חלילה. סולימאן גם שִחזר את המעשה בשני שחזורים. בכל אחד מהשחזורים הוא הצביע על מקום אחר שבו השליך את הגופה. בתחילה טען כי השליך את הגופה בגשרון סמוך לשדה תימן על כביש אופקים–באר־שבע, אך בחיפוש שנערך במקום לא נמצאה גופה כלשהי. בשחזור השני יצאה האמת כולה לאור, והתשבץ הושלם: סוף סוף הודה סולימאן כי השליך את הגופה – היכן אם לא – לתוך המזבלה שבה עבד. הרי הוא אמר מלכתחילה, שהנערה "נמצאת בזבל". דא עקא, גם במזבלה לא נמצאה גופה כלשהי.

כל זה לא הפריע לבית־המשפט להרשיע את סולימאן, בדעת רוב, באונס וברצח. שום דבר לא העלה ספק סביר בעיני השופטים. ההודאה, "מלכת הראיות" בלשון הפסיקה, זכתה שוב למעמד הראוי לה. בפסק־הדין הפך כל עקוב למישור, וכל מדרון למסילה. הכול הוסבר ויושב, לרבות השאלה, על שום מה לא נמצאה הגופה. במזבלות, כך נאמר, קשה למצוא גופות.

על כך ערער סולימאן לבית־המשפט העליון. ערעורים על הרשעה ברצח אינם נידונים אלא בחלוף זמן רב. והנה, בפרק הזמן הזה, בעוד הערעור תלוי ועומד, נמצאה הגופה. היא לא נמצאה מתחת לגשרון, כבשחזור הראשון, ולא במזבלה, כבשחזור השני, אלא במקום שלישי, מרוחק משני המקומות הראשונים. דבר זה עורר, סוף סוף, סימן שאלה, ובית־המשפט העליון החליט להחזיר את הדיון לבית־המשפט המחוזי. בית־המשפט המחוזי דן פעם נוספת בעניין, באותו הרכב שופטים. הפתגם הארמי, שאבחן לפני שנים רבות את סכנת ההטיה במקרה כזה, נוכח העובדה לפיה "**עביד איניש לאחזוקי בדיבוריה**" (ובעברית: נוטה אדם להתחפר בעמדותיו), לא הוזכר ולא הפריע לאיש.

בית־המשפט המחוזי שב והרשיע את סולימאן, באותו רוב ונגד אותו מיעוט. השאלה המתבקשת, מדוע העלים סולימאן – בשעה שמסר הודאה "חופשית ומרצון", כלשון החוק – דווקא את מקום הימצא הגופה, זכתה אף היא למענה בבית־המשפט המחוזי. במשפט אין לך דבר העומד בפני ההסבר, ואין לך דבר שאינו נתון להסבר, הואיל והספקולציה היא כלי מותר וכשר.

העניין הגיע לבית־המשפט העליון, שדן בערעור. גם שם נחלקו הדעות. השופט אליעזר גולדברג קבע, כי את משקל ההודאה יש לבחון על־פי מכלול הראיות והנסיבות, וכי במקרה הזה, בחינה כזו מובילה לזיכויו של הנאשם. השופט יעקב קדמי קבע קביעה חדשנית. הוא החליט כי יש להרשיע את סולימאן בעבירה של אינוס, אך יש לזכותו מעבירה של רצח. שני פושעים היו, אם כן, בתמונה. הרוצח לא נמצא, וכך נשארנו עם האנס בלבד. השופט שלמה לוין היה סבור, שיש לדחות את כל הערעור ולהרשיע את סולימאן גם באינוס וגם ברצח. כתוצאה מכללי הכרעת־הדין הורשע סולימאן באונס וזוכה מרצח.

המדינה לא הניחה לסולימאן, והיא פנתה לדיון נוסף. בדיון הנוסף חזרו השופטים גולדברג, קדמי ולוין על עמדתם. השופטת דורנר אמרה, לראשונה בתולדות המשפט הישראלי, כי הודאת נאשם היא ראיה חשודה אפריורי, מעצם היותה צעד לא רציונלי, והחליטה לזכות את סולימאן. נשיא בית־המשפט העליון, אהרן ברק, חלק על עמדתה של השופטת דורנר. הוא קבע, כי אין לקבל את הגישה לפיה הודאה היא ראיה חשודה מלכתחילה, שהרי ברוב המקרים אין אדם מודה במעשה שלא ביצע. הוא החליט להרשיע את סולימאן, על אף "קיומן של שאלות שאין עליהן מענה", כלשונו. השופטים תיאודור אור, מישאל חשין ואליהו מצא הצטרפו לדעתו של השופט לוין, אשר הרשיע את הנאשם, כמו בדיון הקודם, באונס וברצח, ולעמדתו של הנשיא ברק בדיון הנוסף.

בתום חמש־עשרה שנה של שהייה בכלא ביקש שר המשפטים, פרופ' דני פרידמן, מהשופטת מרים בן־פורת לבדוק את נושא קציבת עונשו של סולימאן. השופטת ציינה בהמלצתה, כי הייתה חותמת ללא היסוס על דעת הרוב בפסק־הדין, ויחד עם זאת, נוכח הפיגור השכלי של סולימאן, ובעיקר נוכח מראית פני הצדק, והחשש שהציבור עלול לראות בהרשעה מורכבת כל־כך הרשעה לא מוצדקת, יש לקצוב את עונשו. לשון אחר, מזלו של סולימאן היה שלמשפט, אחרי ככלות הכול, יש רגישות אסתטית לצורתו החיצונית, והצורה ניצחה את החומר.

כיצד ניתן להסביר את תופעת האדישות לשאלות יסוד המצויות בגזע המוח של המשפט?! כיצד ניתן להסביר את התופעה, שההשכלה הדרושה לשופט היא השכלה משפטית בלבד?! האם הכרעה בגורלות אנושיים איננה מחייבת, למצער, שליטה ביסודות מקיפים של הענפים השונים במדעי החברה?! האם אין זה מן הראוי לערוך בדק בית במבנה השיטה המשפטית?! מלומדי המשפט אינם יושבים בטל. הם מתווכחים עד כלות על שאלות תיאורטיות מופשטות, כגון השאלה, האם לכל בעיה משפטית נתונה יש פתרון נכון אחד בלבד, כעמדתו של רונלד דבורקין, או שמא יש לה מספר פתרונות סבירים, כעמדתו של ה.ל.א הארט. בשעה שהוויכוחים הללו – המזכירים את >>

"ברוב המקרים, הנימוק של מניעת שיבוש הליכים להצדקת המעצר הוא תואנת שווא. לאמיתו של דבר, תכלית המעצר בשלב החקירות אינה אלא הפעלת לחץ נוסף על הנחקר להודות באשמה ולקנות את הטווח הקצר, שבו הוא שרוי במצוקה נוראית, במחיר הטווח הארוך. חשודים ונאשמים רבים, רבים מדי, נפלו במלכודת ההנחה, שהודאת הכזב שלהם תתברר ככזו בבוא המשפט"

"ברור לכל משפטן, שאילו בנו מהנדסים גשרים על סמך השיטה שעל־פיה מסיק בית־המשפט ממצאים עובדתיים, כגון תחושות, התרשמויות, עדויות וכיוצא באלה, לא היה נמצא גשר שלא היה קורס. אף על פי כן, בית־המשפט לא היה מהסס להעמיד לדין את בוני הגשר, שהשתמשו בשיטותיו שלו"

<< ההתחבטות הסכולאסטית, כמה מלאכים יכולים לעמוד על קוצה של מחט – מתנהלים, נחתכים גורלות אנושיים מדי יום ביומו, מבלי שהשיטה נותנת לעצמה דין וחשבון, כאשר היא מאמינה בכוחה ללא פקפוק, וכאשר גאוותה על היותה ענף מרכזי של הדעת וחקירת האמת מרקיעה שחקים.

אנו רוצים להציע תשובה למחדל הזה. נראה לנו, כי הוא נעוץ במהותו של המשפט. המשפט נדחף על־ידינו לשני קטבים. בקוטב הראשון אנו טובעים בו משמעות רליגיוזית – אלוקים ניצב בעדת המשפט; שהרי איזה מעמד ראוי לעשיית צדק, במקום הקונקרטי ובעולם כולו, אם לא מעמד דתי. פעם, הקביעה העובדתית הייתה "פשוטה" עוד יותר, והיא נקבעה באמצעות Ordeal: דינו של הנאשם היה נמסר לשמים ולהכרעת האל. את הנאשם היו דוחפים לנהר או מעמידים אותו באש. או אז, האל החליט מה דינו. אם הנאשם דיבר אמת, היה אמור האל להציל אותו על־ידי נס. אם לא, הייתה בכך ראיה שהוא שיקר.

בשנת 1215 אסרה הוועידה הלטרנית הרביעית מעורבות של הכנסייה בתהליך של Ordeal, אולם הנוהג הזה לא פסק עד אמצע ימי הביניים. יתרה מזו, כפי שמציין פרופ' אבן מוגלן, גם לאחר מכן, כשההכרעה נמסרה לחבר מושבעים, הם אמורים היו להיות Ordeal רך יותר, והחלטתם ביטאה את הקול שנשלח מן השמים. המגמה הזו נמשכת עד ימינו – המעטה הרליגיוזי שאנו מכסים בו את המשפט, מחסן אותו מביקורת. אם נבדוק, מי יודע מה נגלה. אולי כשנטעם מעץ הדעת, נגלה כי אנו עירומים.

הקוטב השני הוא הקוטב של הצורך. דהיינו, המשפט ממלא צרכים שלנו. המשפט – הפלילי בעיקר – איננו אלא קרום רציונלי דק על לבה של צרכים הגועשת תחתיו, ובראשם הצורך למצוא אשם. המשפט הפלילי עוסק בסיטואציות הנוגעות תמיד לחלק האטביסטי שבתוכנו. אדם נעדר, גופה מתגלה, נאנסת נסה על נפשה, ארנקה של זקנה נשדד, מישהו הותקף ונפצע קשה; הנקמה בוערת, העולם טעון תיקון, האימה מתפשטת, העוול צועק מן הקירות או מן האדמה.

אטביסטי דחפים וצרכים פרימיטיביים שקיימים אצל האדם ואינם נעלמים גם בחברה תרבותית ומודרנית.

המשפט חייב לכייל את כל אלה, והוא חייב להשיב את שיווי המשקל ההומיאוסטטי על כנו. במילים אחרות, אנו **צריכים** למצוא פושע. אנחנו אנשים מתורבתים, לינץ' הוא דבר נורא, אבל הרשעה מפוקפקת היוצאת מבין הכרובים של בית־המשפט היא דבר נסבל. שיטת משפט שתדקדק מדי בציציות, תשאיר אחריה הרבה מקרים לא פתורים. ואז? מה יהיה אז?

כך נוצר מצב, שבו הקוטב הראשון, הרליגיוזי, מחסן את המשפט מביקורת, והקוטב השני, של הצורך האנושי, מונע אותה.

המשפט היהודי

לפעמים כדאי לנאורות המערבית לפנות אל הכתבים העתיקים. הם מבטאים אותנטיות אנושית שטרם כוסתה בצעיפים יומרניים. בספר "דברים" פרק כ"א אנו שונים:

> **"כי־ימצא חלל באדמה אשר יהוה אלהיך נתן לך לרשתה נופל בשדה לא נודע מי הכהו. ויצאו זקניך ושופטיך ומדדו אל־הערים אשר סביבות החלל. והיה העיר הקרובה אל החלל ולקחו זקני העיר ההיא עגלת בקר אשר לא עובד בה אשר לא משכה בעול. והורידו זקני העיר ההיא את העגלה אל־נחל איתן אשר לא יעבד בו ולא יזרע וערפו־שם את־העגלה בנחל... וכל זקני העיר ההיא הקרובים אל החלל ירחצו את ידיהם על העגלה הערופה בנחל. וענו ואמרו ידינו לא שפכה את־הדם הזה ועינינו לא ראו. כפר לעמך ישראל אשר פדית ה'... ואל תתן דם נקי בקרב עמך ישראל, ונכפר להם הדם. ואתה תבער הדם הנקי מקרבך כי תעשה הישר בעיני ה'".**

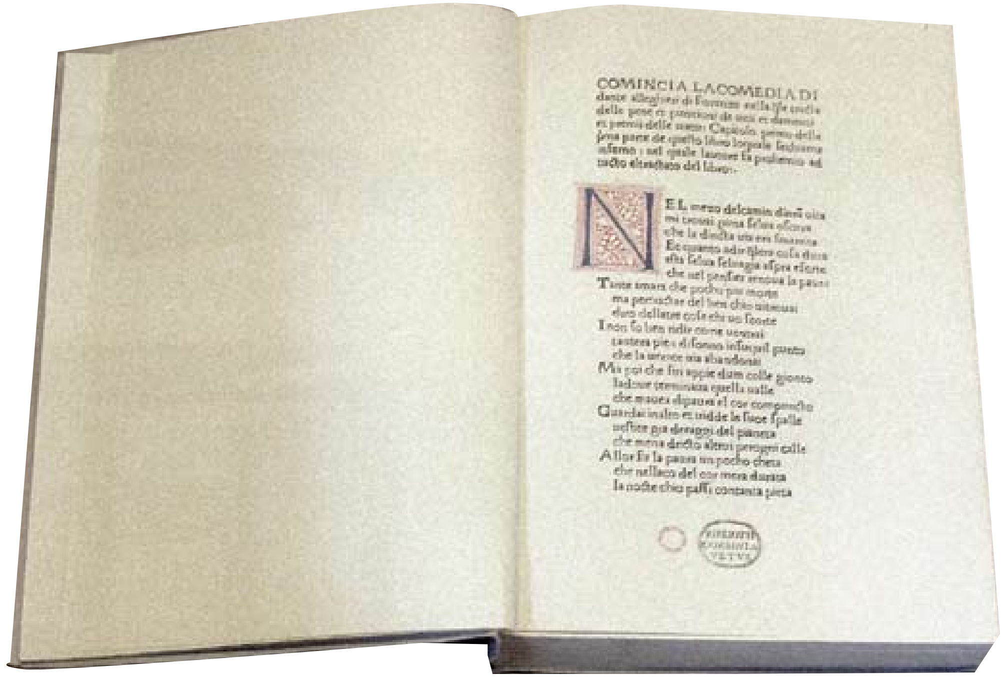
בדת היהודית מעולם לא הייתה הכרעה על־פי Ordeal. ההלכה קבעה כללים מחמירים מאוד להרשעתו של אדם, ובשעה שהלודרים שעשעו את הצופים בקולוסיאום, אמרה ההלכה ש"**סנהדרין ההורגת אחת לשבעים שנה, נקראת חובלנית**". וכאשר נמצא חלל באדמה, וכל הנשמה אמרה נקם ושילם, ודורש דמים חיפש את העבריין הנפשע; כאשר התעוררה הסכנה של עיוות כלי הדעת על מנת לספק את הצורך הגועש למצוא רוצח; העגלה היא זו שנבחרה להיות המטרה אליה כל זה הוסט. היצר פגש את הפולחן ובא על סיפוקו. המהויות האנושיות קבועות ביסודן. מה שמשתנה אינו אלא הלבוש אותו הן עוטות. כך אנו מוצאים את עצמנו בפני מצב, שבו מה שאנו עושים היום, במקרים רבים, אינו אלא החלפת קול שדי בקול ההמון הסוער, מציאת אשם במקום בירור העובדות באופן מדוקדק, והצבת בני אדם במקום שבו נמצאה העגלה הערופה.

יש מרחק גדול בין מה שאנו עושים לבין המשנה שקבעו אבותינו. אבל כידוע לכל משכיל, משפטים קדמונים הם לעולם משפטים פרימיטיביים. ■

אריאל הירשפלד

אמיתי כמו הזעקה

לספרות אין טענת אמת. כשאנו אומרים על ספר "אמיתי" מדובר בתהליך המתרחש בין הסיפור לבין הקורא – תהליך שחושף אצל הקורא משהו הקיים ממילא בתודעתו. האמת מתקיימת בין היצירה הכתובה לבין התודעה ואינה קשורה כלל למציאות



"**הקומדיה האלוהית**", דאנטה, המהדורה המודפסת הראשונה מ־1472

■ אריסטו, ב"הפואטיקה" שלו, יצר את ההנגדה היסודית בין הספרות וההיסטוריה (הכתיבה ההיסטורית). ההנגדה הזו עומדת בבסיסה של תפיסת האמת בספרות עד היום הזה:

"אין זה מתפקידו של המשורר לומר את מה שקרה, אלא את מה שעשוי לקרות, מה שאפשר שיקרה בהתאם להסתברות או להכרח. היסטוריון ומשורר אינם נבדלים זה מזה בניסוח דבריהם [כלומר, בצורה – בלשון שקולה וחרוזה או בלשון פרוזה], שהרי כתבי הרודוטוס, גם לו נוסחו בלשון שקולה, לא היה נגרע דבר מהיותם כתבי היסטוריה, במשקל או שלא במשקל. אבל הם נבדלים זה מזה בכך שההיסטוריון מספר על מה שקרה, ואילו המשורר על מה שעשוי לקרות.

"לכן אמנות השירה פילוסופית ונעלה יותר מההיסטוריה. שכן השירה מספרת יותר על הכללי, ואילו ההיסטוריה על הפרטי. תחומו של הכללי הוא סוג הדברים שמישהו מסוים עשוי לומר או לעשות <<

"ההבדל בין הכתיבה ההיסטורית לזו הספרותית אינו בעצם מציאותה של 'אמת מציאותית' בהיסטוריה ובאי־מציאות האמת בספרות יפה. הרי ההיסטוריון יכול לבדות מעשים וסיבות לא פחות מן הסופר. ההבדל הוא בטענה ביחס למציאות. להיסטוריון טענת אמת. לסופר אין טענת אמת. ההפך: הוא טוען כי הפרטים ביצירתו הם בגדר בדיה, גם אם אירעו במציאות בדיוק כך"

<< **בהתאם להסתברות או להכרח. לכך מכוונת השירה בהענקת שמות לדמויות. הפרטי הוא מעשה אלקיביאדס או מה שעשו לו"** (תרגום: יואב רינון).

אלקיביאדס: מדינאי ואיש צבא, שעלילותיו רצופות בבגידות, אישיות ומדיניות, ובעריקות – מצבא אתונה לצבא ספרטה וחוזר חלילה. סופו שנבגד על־ידי הפרסים, מהם ביקש מקלט מדיני, ונרצח

ההבדל בין כתיבת ההיסטוריה לבין כתיבת הספרות נעוץ אפוא בטענה שטוענת כל אחת מן הכתיבות הללו: ההיסטוריון **טוען** כי מה שהוא כותב **היה באמת**, ואילו הסופר טוען כי מה שכתב לא היה, אלא **עשוי היה להיות**. עולמה של הספרות הוא אפוא היפותטי מעצם מהותו. אריסטו ידע היטב, כמובן, שהיה משורר טראגיקון שכתב על קרב שהיה עובדה היסטורית ידועה, שתועדה גם בכתבי ההיסטוריונים בני הדור. היה זה אייסכילוס ב"הפרסים", שעיצב במחזה את אותם אירועים עצמם המתוארים אצל ההיסטוריון הרודוטוס. ולכן הוא בונה את טענתו כניגוד בין ההיסטוריון והמשורר. גם כשהאירוע מציאותי, ידוע ומתועד, הוא אינו מופיע עוד כאירוע מציאותי ממשי ביצירה הספרותית, אלא הוא בבחינת משל היפה לאדם בכלל.

ההבדל בין הכתיבה ההיסטורית לזו הספרותית אינו בעצם מציאותה של "אמת מציאותית" בהיסטוריה ובאי־מציאות האמת בספרות יפה; הרי ההיסטוריון יכול לבדות מעשים וסיבות לא פחות מן הסופר. ההבדל הוא משפטי למעשה: הוא ההבדל בטענה ביחס למציאות. להיסטוריון טענת אמת. לסופר אין טענת אמת. ההפך: הוא טוען כי הפרטים ביצירתו הם בגדר בדיה **גם אם אירעו במציאות בדיוק כך**.

מתוך האמנה החברתית העמוקה הזאת יכלו הסופרים בכל הדורות ליטול מן המציאות חומרים שהיו בידם כחומר ביד היוצר, כדי להופכם לסמל כללי לגורל האדם. וכך, רבות מיצירות הספרות שואבות מלוא חופניים לא רק מספרי ההיסטוריה (כמחזותיו של שקספיר, למשל), אלא מחיי הסופרים שכתבו אותן, או מפרשיות שנודעו מעל דפי העיתון – כסיפור העומד בבסיס "אנה קארנינה" לטולסטוי.

העיקרון הזה יובן היטב דרך עקרון המודל באמנות הפלסטית, כפי שהיטיב מנחם ברינקר להמחישו בספרו "מבעד למדומה", המוקדש כולו לנושא הבדיון. האישה העירומה הנראית בציור "בת שבע המתרחצת" של רמברנדט, אינה מייצגת את האישה ששימשה כמודל לציור (שהייתה, כידוע, הנדריקה שטפלס), אלא את נושאו של הציור. הדמות, הנטולה מן המציאות, הפכה ביצירה למעין מסך שעליו מוקרנת משמעות חדשה, ומצד אחר – היוצר הקנה לפרטי הגוף האינדיווידואליים משמעות אחרת, המפרשת מחדש את הסיפור המקראי.

על רקע הדברים הללו ועל רקע המוסכמה בת אלפי השנים בדבר בדיוניותה העקרונית של היצירה הספרותית, צמחו בעולם האמנות מובלעות מיוחדות, שבהן ביקשה היצירה הספרותית במפגיע להפר בחלקו את עקרון הבדיון ולקבוע בתוכו כמה סימנים (דמויות בדרך־כלל), שאמורים לייצג אירועים או אנשים קונקרטיים ולהפנות את העולם הבדוי, הדמיוני, אליהם, בדרך־כלל מתוך רצון להוקיע את מעשיהם בדרך הסאטירה.

דוגמה לכך הוא העיקרון המכונה "**מפתח**", והוא פועל באורח גלוי האמור להיות מובן היטב על־ידי החברה הקולטת את היצירה. כאלה הן דמויות אנשי פירנצה המושחתים ב"קומדיה האלוהית" של דאנטה, או דמותו של החשמן ביאג'ו דָה־צֶ'זֶנָה ב"יום הדין" של מיכלאנג'לו בקפלה הסיסטינית. העיקרון הוא פשוט: הדיוקן או השם רומזים באורח שאינו משתמע לשתי פנים לאדם מסוים, ומן הרגע הזה חלק מהיצירה פועל אחרת: במקום לייצג משמעות כללית, על־זמנית, הוא מתייחס לאדם יחיד ומיוחד ובונה סביבו משמעות חדשה, מפתיעה, כפי שהחשמן המצויר מוצג פתאום כמלך מידאס שצמחו לו אוזני חמור.

יצירת "מפתח" תובעת אפוא העמדה של צופן ברור המצביע אל האדם המיוחד, שיובן באופן חד־משמעי על־ידי החברה הצורכת כולה. אין צורך לומר כי "סיפור מפתח" יכול לפעול רק כשהדמות ואפיוניה הם מן המפורסמות, וזיהויה תלוי בקהילה הצורכת אותה. גם היצירות הדוקומנטריות, בספרות ובמדיה האחרים, טוענות טענת אמת חלקית, בדרך האופיינית למנגנון המפתח, אלא שהן באות להקנות משמעות לפיסת המציאות המיוצגת כולה.

מכל זה ברור כי מושג האמת הספרותי אינו יכול להתייחס לעצם הייצוג של מציאות כלשהי; הרי ביסוד תפיסת האמנות, בדרכו של אריסטו, נמצאת ההנחה כי המשמעות תלויה במה שאין הוא המציאות עצמה, אלא הוא המקיים עימה יחסי דימוי ההופכים אותו למעין משל. האמת של הספרות היא אפוא דבר המצוי בספירה אחרת לגמרי מזו של הייצוג. מי שאומר על יצירה כי היא "אמיתית", אומר דבר על היחס המתקיים בה בינה לבין גורל האדם, העולם, המציאות ככלל־התופעות, הנגלות והנסתרות.

מה פשרו של המשפט "יש אמת גדולה ברומן 'תמול שלשום' של ש"י עגנון"? הרי ברור שאין הכוונה לעצם הסיפור, הקושר את גורלו של אדם בגורלו של כלב חוצות שנכתב על גבו "כלב משוגע". וברור גם כי אין הכוונה לדיוק במסירת הפרטים המתארים את חיי הארץ בשנת 1910, גם אם המומחים להיסטוריה של תקופת העלייה השנייה מעידים, כי המדובר הוא במצבור ידע אנציקלופדי ומדויק ביותר סביב התקופה ההיא.

האמת שב"תמול שלשום" נוגעת בהשקפותיו של הקורא בדבר מהותם של חיי האדם וגלגולם המוזר, האבסורדי, של רצונותיו וכוונותיו. אמיתיותו של הספר היא ביכולתו של הקורא לתאר בדרך עשירה ומורכבת ביותר משהו המצוי ממילא בתודעתו, גם אם לא בא עדיין לידי ביטוי מודע. או בעצם – הוא לא ידע כלל כי זו אמת עד שזו לא נוסחה בספר. אך הקריאה בספר חשפה את המקבילה לה, הטמונה זה מכבר בתודעתו.

תנועת ההיקש אינה מתרחשת אפוא מן היצירה אל המציאות ובחזרה, אלא מן היצירה אל נפש הקורא ותודעתו, ובתנועה הזו היצירה משמשת כתמונת־מציאות, ואילו הנפש כמעין ממברנה־של־אמת; אם הממברנה מתרעדת למקרא הדברים – משמע יש בהם גרעין של אמת. אבן הבוחן מצויה אפוא בנפש באדם, ולא מחוצה לו.

מהי האמת של "הקמצן" המולייֶרי? האמת הזו אינה בעצם ההצבעה על תופעת הקמצנות. הרי זו מצויה זה כבר במערכת האופנים של חיי האדם, והיא תכונה ידועה ומרכזית בין תכונות האדם. המוצא אמת ב"הקמצן" מדבר על הנגיעה במחולליה הסמויים של הקמצנות והכפייתיות בכלל, בכאב, בעליבות, בחסר הפעור מתחתיה. זיהויה של אמת הוא זיהויה של תובנה חדשה ביחס לחיי האדם ונפשו.

הדיבור על הקומדיה הזו מעלה עניין אחר, עמוק ומרתק, העולה בדיבור על מושג האמת של היצירה הספרותית: תחושת האמת מזוהה עם נגיעה ביסוד של כאב. דווקא הפגימה, החסר, הסבל, הם המהווים מעין מדד סמוי של אמת. היוצא הוא שגם בקומדיה, שעניינה הוא בחיים ובצחוק, גם בה האמת היא של סבל, ולא של גיחוך. גם המאשים יצירה ספרותית ב"שקריות" או ב"קיטש" (מילים המשמשות כמילים נרדפות בשיח על אודות האמת הספרותית), בונה את טענתו, בדרך־כלל, בזיקה למישור כאוב כלשהו הנעדר, מוכחש או מקושט מדי ביצירה השקרית.

הבסיס להדרתה של חרושת התרבות והבידור מתחום האמנות בהגותו של הפילוסוף ומבקר התרבות תיאודור אדורנו נמצא בדיוק במישור הזה: האמנות מבקשת אחר אמת – אמת הסבל האנושי. חרושת הבידור, בהיותה כרוכה באינטרסים כלכליים המנווטים אותה בכל שלב, עסוקה בהסתרת הפן הזה ובהכחשתו, ומשום כך היא אינה עוד אמנות. או מכיוון אחר: היא "קיטש" או אמנות כוזבת.

כך מסיים מאיר ויזלטיר את השיר ה־14 מתוך "מכתבים":

וְהַשֶּׁקֶט הַמִּשְׁתַּרֵר עִם חִיּוּכוֹ הַמַּתְמִיהַּ,
הַמְעוֹרֵר בָּךְ אִי־אֵמוּן, אֵינוֹ כּוֹזֵב.
הוּא אֲמִתִּי כְּמוֹ הַזְּעָקָה.

מאיר ויזלטיר, "מכתבים ושירים אחרים", עם עובד, (1986)

זוהי מעין תמונת־סיום בשיר המגולל חוויה של משבר נפשי קשה. השקט המשתרר בסוף, עם שוך הטלטלה הנפשית, הוא המתמיה את גיבורת השיר. הדובר, היודע היטב כי השקט אחרי הבהלה נראה תמיד פחות אמיתי ממנה, או בעצם – כוזב, מעיד בפני האישה שמולו כי הוא אמת, ומביא לעדות דימוי: "כמו הזעקה". ה"זעקה" היא אות לאמת. הדימוי בסוף השיר הזה הוא הניסוח הגלוי ביותר של עקרון האמת הספרותי.

המקור לקיומה של מערכת האמת והשקר הזו, המושתתת על הכאב, אינו קשור בטיבן הסגולי של הספרות ושל האמנות, אלא בעולם הנפשי האנושי ובתמונת־יסוד קיומית גדולה, המכוננת השקפה שעל־פיה היש, העולם הנתון, ובתוכו תופעת החיים כולה, הוא פגום מעיקרו. מיתוס הגירוש מגן העדן הוא רק אחד הדימויים היסודיים בתרבות העולם לפגימה היסודית הזו. הטוב, הנעים והיפה היו מחוברים פעם עם האמת. היה זה בעידן קדמון מאוד, הקודם ללידת העולם הזה, המוכר לנו. ייתכן שהם ישובו ויתחברו זה לזה בעתיד, בקץ הימים. אבל היום – כלומר, בכל הווה – האמת כרוכה בכאב הפגימה, הסבל, המחלה, המלחמה והמוות. גם הצחוק והשמחה אינם קיימים לעצמם, ואם הם אמת, הם אותם גילויים של גבורת האדם להביט בנולד, בחי ובחפץ חיים, בתוך ולמרות המוות המושל בכול. ■

יונתן הירשפלד

בלק הכלב המשוגע

אין כל קשר בין אמנות לאמת, ולכן אין צורך להסתבך בחיפוש אחרי האמת החמקמקה כדי לחבר בינה לבין מעשה האמנות

■ הטענה שאציג כאן עשויה להתקבל על־ידי הקורא במידה מסוימת של הפתעה במקרה הטוב, או זעזוע במקרה הרע, אבל, אם לומר זאת בפשטות, עמדתי, שהיא עקבית עם תפיסת האמנות שלי בכלל, היא, כי לאמנות אין שום עניין באמת.

האמנות היא שקר ובדיה, ולא, כפי שאמר פעם פיקאסו, "**משתמשת בשקרים בשביל לומר אמיתות**". לאמנות אין יומרה להציג את האמת. היא איננה מחפשת את האמת, איננה מתכוונת לבטא אמת, ובדרך־כלל, באשר היא תראה אמת לפניה, מיד היא תשלוף את חרבה.

את מילות הגנאי של פסקל, כמו גם את לגלוגו של אפלטון, שאמר כי מיטתו של הצייר "**נחותה ממיטת הנגר – שהרי אינה מאפשרת לנו לישון עליה**", ואת שאר דברי הביקורת שהוטחו בה לאורך כל ההיסטוריה – האמנות מקבלת באהבה, ולמעשה, כמחמאה.

האמנות אינה עוסקת בניתוח מושג האמת ומשמעותו, ואין לכך כל קשר לטענה הסוציולוגית, כי האמת אינה אלא כלי בידי החזקים לדיכוי החלשים, ומשמעות היותך חזק מתבטאת בכך, שאתה מחזיק מונופול על התשובה מהי אמת. העניין הוא בכך, שבמובן הטרנסצנדנטלי, המדומיין, המוחלט – האמת איננה כלל מענייניה או מעיסוקה של האמנות. וטוב שכך.

טוב עושה האמנות שהיא משאירה את האמת ואת עולם התופעות למדען, לעיתונאי, לסטטיסטיקן וללוגיקן, והללו, בתמורה, ישאירו את הבדיה, הדמיון, התשוקה, כפל המשמעות, האניגמה והרוח, היפה והנשגב, המדיום, השפה והקסם – לאמנים.

האמנות אינה אומרת דבר

היו פה ושם אמנים גדולים במהלך ההיסטוריה, שהידרדרו במהלך חייהם לעיסוק בפוליטיקה, בפילוסופיה או במדע והסתבכו במסע החיפוש אחר האמת. הכיוון ההפוך, העלייה לדרגת אמן, נדיר הרבה יותר. במכתב לאחיו קארל מאוקטובר 1802 מתלונן בטהובן: "**אני הולך ונעשה חירש ואהיה מוכרח כבר בשנתי ה־28 להיעשות לפילוסוף!**" (התרגום שלי, מתוך "מכתבי בטהובן"). כיוון שהאמנות כל־כך נעלה בעיניו, בטהובן רואה במעבר ממוזיקה לפילוסופיה אסון.

המוזיקה איננה טוענת שמשהו אמיתי, או מציגה עובדות אודות האמת, או מתארת את עולם התופעות. המוזיקה מנגנת. כמו שהאהבה אוהבת. כמו שהציור מראה. הפילוסופים הגדולים שהבינו זאת, טיפסו במעלה המדרגות אל הנשגב האמנותי. כך **ניטשה** בטקסט הפואטי של "כה אמר זרטוסטרא", וכך **ויטגנשטיין** (בעיקר המאוחר), שמייצר הגות שאין בה טענות, אלא רק הדגמה; הגות שמראה את הדברים, אך לא אומרת אודותיהם דבר.

לודוויג ויטגנשטיין מסיים את ה"טרקטטוס" באמירה (שיכולה לעצבן מאוד את מי שאינו מכיר אותו), שהמשפטים שלו עצמו בספר הינם חסרי מובן, ומה שאי־אפשר לדבר עליו, אודותיו יש לשתוק. יש לו גם הערה יפה על כך בכתביו המאוחרים ("על הוודאות", 387): "**...שכן גם אם לעתים רחוקות בלבד פגעתי במטרה, יכול הקורא, למרות זאת, לזהות את המטרות אליהן כיוונתי ללא לאות... – כלומר, כתיבתי מראה איזשהו כיוון, ולא מייצרת אמירות בעלות טענות אמת**".

אבל האמנות לא רק שאיננה אומרת את האמת, אלא, למעשה, היא אינה אומרת דבר. ניסחה זאת יפה **סוזן זונטאג** במאמרה "**נגד פרשנות**": "**בשעה שנדמה כי ההתפתחויות הנוכחיות בתחומי האמנות השונים מרחיקות אותנו מהרעיון שעבודת אמנות היא בראש ובראשונה התוכן שלה, הרי שהרעיון הזה עדיין נהנה מהגמוניה יוצאת דופן**". זונטאג מבקשת להפריד בין האמנות לבין התוכן שלה, החיווי שלה. ברור שיצירת אמנות מייצרת לפעמים אמירה, ואולי אף לפעמים תופסת סוג של אמת. אפס, האמירה הזאת או האמת הזאת הן תוצר לוואי, כמו בועות קצף הנוצרות באופן מקרי מפעולת הערבוב. האמנות מערבבת, ואילו הפרשנים נותני המשמעות ניזונים מהקצף. "**המעשה הפרשני בזמננו**", כותבת זונטאג (שם), "**הוא ריאקציונרי ומחניק... הפרשנות היא נקמתו של האינטלקט באמנות... בעולם...**"

לפני כמה שבועות פגשתי את הציירת והצלמת הישראלית **דגנית ברסט** באחת הגלריות בעיר. היא אמרה לי: "**הסיבה לכך שהצילום נראה כגוסס, שהאמנות נראית רע ובשפל, היא עיסוקם בנושא במקום בצורה ובמדיום**". יותר נכון, הבעיה היא העיסוק בשאלה, איך מייצרים משמעות שלא על דרך ההצבעה. האמנות, אומרת ברסט, "**צריכה לעבוד כמנסרה המעכבת את האור בצד האחד, לוכדת אותו, שוברת אותו, מתייסרת בייסורי האור הטוב, וממכאוביה ותהומותיה מוציאה, כעבור השהיה של נצח בר חלוף, מניפה של קשת צבעים חיים**".

>>

רנה מגריט, "**המצב האנושי**", 1933 / ויקישיתוף

>> אמנות אינה מוסרית

אנחנו חיים בעידן שקל מאוד להתבלבל בו בין המדיום לתוכן. בחמישים השנים האחרונות ביצעה האקדמיה סדרה של מעשי אינוס אלימים באמנות, ואמנים רבים שיתפו פעולה מרצון עם מעשה האונס והחלו ליצור אמנות שמתאימה לטקסטים שכתבו אקדמאים. פילוסוף אחד כותב על השמעת קולם של הבלתי נראים והמקופחים בחברה, ואמן כמו **סנטייגו סיירה** הצ'יליאני צובע, בעבודה שהוצגה בביאנלה בוונציה, את ראשיהם של עובדים זרים בבלונד – משמע, מביא אותם לידי נראות תקשורתית – וכולם מאושרים (חוץ אולי מהעובדים הזרים, שנוצלו פעמיים: פעם אחת על־ידי השוק הוונציאני ופעם שנייה על־ידי האמן, שעשה עליהם סיבוב שבסופו לא השתנה דבר בקיומם).

אקדמאים מתים לספר לנו מה האמנות אומרת ולמה היא מוסרית או בלתי מוסרית. בהקשר זה אין לי אלא להיזכר בגעגועים באמירתו של אוסקר ויילד: "**ספר אינו מוסרי או בלתי מוסרי; הוא כתוב היטב או כתוב רע**". בכלל, הפטרונות של האקדמיה על מעשה האמנות גרועה מזו של האצולה או הכנסייה בעבר. זאת בעיקר עקב התחכום שבו היא תובעת את ההתמסרות לה, ובשל האופן שבו היא מציבה את המטרות והמשמעות כאילו היא מחפשת חתרנות.

ב"אודיסאה" מס' 4 טוען ד"ר **דייוויד גרייבס**, כי היופי "**הוא ביטוי להיגיון הפנימי של העולם, או של המערכת שאותה הוא מייצג**". לשיטתי, היופי אינו תכונה. דברים אינם "יפים" או "לא יפים", ממש כפי שהם אינם גדולים או קטנים, מוסריים או בלתי מוסריים. ילדים יגידו שהאוטו "גדול", מדענים יסכימו שכוכב צדק הוא "גדול", ומי שנחנק מגרעין של זית, יכנה אותו "ענק". כלומר, יופי הוא הסכמה בתוך שיח.

דרכה של אמנות למרוד בהגדרות. מרגע שהוגדר מושג היופי בעיני קהילה מסוימת, יקומו אמנים וייצרו אמנות שאינה נכנעת למושג זה, ושתהיה יפה בעיני "קהל־המסכימים" לה. אני מבקש להעיר זאת (ופה אני שוב עלול להכעיס כמה קוראים), משום שהעיסוק ב"מהי אמנות?", "מהו היפה?" ושאלות ממין זה מוביל ליצירת סוג של תשובות והגדרות אוניברסליות ואקדמיות, כמו ההסכמה שיש דברים (חיוכו של ילד, למשל) הנחשבים יפים באופן אבסולוטי. וזו, לטענתי, טעות גדולה.

אמנות היא פרקטיקה מערבית. נכון שמציירים ומפסלים גם בהודו, בסין ובאפריקה, אבל לא בכל מקרה מדובר באמנות. מפסלים ומציירים תפאורות גם לאולפני יוניברסל בהוליווד, מבלי שאלו ייחשבו לעבודות אמנות. אמנות איננה דברים שנוצרים; אמנות, בעיני, היא פרקטיקה דיסקורסיבית של העולם המערבי. אם אדם מערבי בוחר להסתכל דרך הכלי הדיסקורסיבי הזה על ציור יפני, הוא מנכס אותו, וזה בסדר, אבל הוא משול באותו רגע למי שרואה את אשת לוט בסלע – הוא כופה את מבטו על דבר מה שאיננו שם, וקורא לתוכו תכנים ומשמעויות ומהויות שאינם שם. פשוט, כי אמנות היא במהותה פרקטיקה של המערב.

אנשים בכל העולם יכולים להשתמש באמנות (כפי שהם משתמשים, למשל, בחשמל שבא מהמערב, או מאמצים את הנצרות, שלידתה במערב), ולכן יש טעות קטגורית קשה בעצם הרעיון, שאמנות טובה מבטאת אמת אוניברסלית או יופי אוניברסלי. אמנות, כמו הנצרות, היא פרקטיקה דיסקורסיבית של המערב, וכמו שיש דתות שונות בחלקי העולם האחרים, כך יש בהם ציור ופיסול (מסוג אחר), ותפקידיהם ותפקודיהם שונים ממקום למקום. זה לא עניין של אמת. גם לא של טוב יותר או טוב פחות. אינני טוען שערכה של קתדרלה במילאנו עולה על זה של בקתת קש בטוביגו, אלא שהקתדרלה היא פרקטיקה של המערב, ולכן, לקרוא לבקתה גדולה מקש, אפילו אם היא מאכלסת אביזרי פולחן ומשמשת לתפילה, "קתדרלה", זה פשוט ג'יבריש.

אמת המידה שלנו להערכת איכותה של היצירה האמנותית – ופה ניתן בהחלט להשתמש, ולו חלקית, בהגדרה של גרייבס – היא אופן השימוש שהיא עושה בכלים שלה, בתוך המערכת הדיסקורסיבית **הסגורה שלה** (ובעיני, אין זה חשוב אם היא מבטאת את הגיונה של המערכת, מצביעה עליה בדרך חריגה, מגדילה או משנה אותה).

האמנות היא חיים

בספרו "לאקאן עם היצ'קוק" עושה מבקר התרבות **סלבוי ז'יז'ק** תרגיל מחשבתי: הוא מוציא את הציפורים מהסרט "הציפורים". מה שנותר לנו הוא דרמה משפחתית רגילה. אם נעשה תרגיל דומה על עגנון ונוציא את בלק, הכלב המשוגע, מהרומן "**תמול שלשום**", מה יישאר לנו? סיפור על קורות אנשי העלייה השנייה בארץ ישראל.

אבל עגנון, כמו היצ'קוק וכמו אמנים רבים מני ספור, מהווה בעצם מפעל חייו מרד בדיקטטורה של המובן. שכן המובן הוא מוות, והאמנות היא חיים. להבין משמעו לעבור וללכת הלאה. לא להבין משמעו להתעכב ולחקור. האמנות מבקשת שלא יבינו אותה. האמנות שואפת להיות סתומה, חידתית, להראות ולא לומר. היא רוצה להיות נשיכתו של כלב, שצבע רשם על עורו שהוא משוגע, והצֶבע היה לממשות על אף שהיה בדות, והכלב הפך משוגע והמית את הצבע! ■

"אקדמאים מתים לספר לנו מה האמנות אומרת ולמה היא מוסרית או בלתי מוסרית. בהקשר זה אין לי אלא להיזכר בגעגועים באמירתו של אוסקר ויילד: '**ספר אינו מוסרי או בלתי מוסרי; הוא כתוב היטב או כתוב רע**'"

אמת??

ובאשר לאמת (ללא קשר לאמנות), הנה עשרת העיקרים של דור שלא מבין את המושג

1. אנחנו פוסט מודרניסטים.
2. אין לנו שום צורך להבין מה זה אומר. ההנחה שיש קשר בין הבנה להוויה היא מודרניסטית מטבעה: האם ידע איש ימי הביניים כי הוא איש ימי הביניים?
3. אנחנו לא על קו השבר. אנחנו לא זוכרים עולם שאבד ומתאבלים עליו. נולדנו אחרי "המילים והדברים".
4. אין אנו אוהבים את הפוסט מודרניזם, כפי שאין אנו שונאים אותו. אנחנו נושמים אותו; הוא הממד הרביעי של הווייתנו, שהחליף את הממד הרביעי של המודרנה: האידיאולוגיה.
5. אנחנו לא צריכים לקרוא את יצירות הדגל של הפוסט מודרניזם כדי להבין, שאנחנו משחקים את תפקיד עצמנו במשחק הדמיה. במשחק הזה הסובייקט ניתן להשתלה בגוף אחר ("מטריקס", "אווטאר"), והוא עצמו (הסובייקט) הינו תוצר פלואידי של שיח שמייצר אותו, כמו כל תוצר אחר.
6. מי שנולד לעולם הרב־ערוצי, האינטרנטי, עולמו של טלסקופ האבל, אינו זקוק לדלז ולגואטרי בשביל לתפוס את עצמו כקשר בסבך חוטים ורשתות אינסופיים של גֵנים עתיקים, שזורמים דרכו לילדיו, ו"ממים" שעוברים דרכו לתלמידיו, ואנרגיות קוסמיות שהתקיימו מיליוני שנים לפנינו ויתקיימו מיליון שנים אחרינו, והריבוי, והמישורים, ויצירת המושגים, והמעבר בין עולם בינארי לעולם של ספקטרומים דמויי עמעם. כל זה מובן לנו כל־כך, שאין לנו אלא להתפלא שאי פעם היו אנשים שכתבו על כך ספרים ועשו מכל זה קריירות. אנחנו מעולם לא הכרנו עולם אחר, ואנחנו גם לא מאמינים שהיה כזה אי פעם.
7. את ז'יז'ק אנחנו עוד מוכנים לקרוא כי הוא משעשע. אבל לא את לאקאן.
8. אל תספרו לנו על הודו; אנחנו כופרים בקיומה. הודו איננה אלא פיקציה של תעשיית התיירות המערבית, שמשווקת תערובת של הרוחני (שרוואלים, קטורת), האקזוטי (עוני, מחלות, רעב), הפנטסטי (תיירות מין) והספקטקולרי (בדרך־כלל אסונות, טבע ואחרים, בתנאי שהם רחוקים). אל תספרו לנו את הסיפור שלכם (לא אכפת לנו מהסיפור הפלסטיני, כמו שלא אכפת לנו מהסיפור הציוני). אנחנו כופרים מראש בהיתכנותה של תקשורת: אנחנו נשמע רק מה שנפרש – כלומר, נכתוב או נהזה מחדש – בהתאם לדפוסי חשיבה שאנחנו ערים אליהם, אבל לא מסוגלים להתבונן בהם מבחוץ. אנחנו ניהיליסטים ומאושרים בכך. אנחנו שמרניים במובן הגרוע ביותר: מתנהגים כאילו יש סמכות, על אף שאיננו מאמינים בה. כשנחלה נתפלל בכוונה גדולה, על אף שנדע בוודאות כי אין בכך כל תועלת.
9. אנחנו כופרים בסובייקט (סוגדים לאובייקט ורוצים להיעשות לאובייקט), כופרים בקבוצות ההשתייכות שלנו, באלוהים, בהודו (כבר אמרנו), באמת, בצדק, במוסר (כל אלה תוצרים של שיח, המביט אחורה ומשכלל כלים כדי להצדיק את פעולותיו). אנחנו כופרים באהבה (הדורשת סובייקטים ותקשורת, שבשניהם, כאמור, נכפור), בזולת, בלוינס, בחופש, באחווה ובשוויון (מיתוסים מודרניסטיים של אמנסיפציה, שכפי שהראה ליוטאר, לא רק שמלכתחילה היו שקריים, הם גם שימשו ככלי דיכוי וממילא קרסו לבסוף).
10. אנחנו ילדים ניאו־ רנסאנסיים. בשמי התכלת שלנו מאוירת שמש מחייכת. את הסובייקט שלנו המרנו בסלולרי/כתובת אימייל/פייסבוק/ג'ידייט, המקטלגים את תכונותינו ומייצרים עבורנו התאמות מהונדסות מחשב. את הממשי (שאנחנו כופרים בקיומו) המרנו בשמחה בווירטואלי, במדומה, בסימולקרי. אנחנו חיים ב"סים", ב"סקנד לייף", חווים את עצמנו דרך מוצרי הצריכה ושותפים בטקסיה החמורים של דת הקפיטליזם המאוחר. נכון, אנחנו לא מאושרים, אבל אנחנו אופנתיים.

הפילוסוף הצרפתי ז'יל דלז (1995–1925) והפסיכואנליטיקאי פליקס גואטרי (1992–1930) שיתפו פעולה בכתיבת כמה ספרים, שהראשון והמפורסם בהם נקרא "אנטי אדיפוס" (1972). בעקבות לאקאן ופוקו, טוענים שאין סובייקט.

ז'יז'ק (יליד 1949) הוא סוציולוג, פילוסוף ומבקר תרבות סלובני. מרבה לעשות שימוש ברעיונותיו של הפסיכואנליטיקאי ז'אק לאקאן, כדי להגיע להבנה מחודשת של תופעות בתרבות הפופולרית, כמו, למשל, סרטיו של אלפרד היצ'קוק.

ז'אק לאקאן (1981–1901), פסיכואנליטיקאי צרפתי, מתלמידיו של פרויד. הדגיש את כוחו של התת־מודע ביחס לאגו ותיאר את התפתחות הסובייקט כתהליך דיאלקטי מול האחר.

הפילוסוף היהודי־צרפתי עמנואל לוינס (1995–1906) הכניס לפילוסופיה את מושג ה"אחר", הזולת. לשיטתו, הפילוסופיה הראשונית היא האתיקה.

ז'אן־פרנסואה ליוטאר (1998–1924), פילוסוף צרפתי פוסט מודרניסט, טען כי המחשוב ותקשורת ההמונים מפרקים את המגה־נרטיבים בעולם ולא מאפשרים יצירת נרטיב משותף לקבוצה גדולה.

אסף ענברי

גם העבר כבר לא מה שהיה

האם העובדה שאין דרך אחת לתאר את אירועי העבר הופכת את ההיסטוריון לפוסט־מודרניסט ואת ההיסטוריה לספרות בדיונית? אסף ענברי טוען שגם בתיאור העבר יש אמת או שקר ורלטיביזם – אין פירושו "הכל הולך"

דגל ארה"ב מונף באי איוו-ג'ימה, 1945

■ אנחנו חיים בעידן הנראטיבים. הנראטיב הציוני, הנראטיב הפלסטיני, הנראטיב הפמיניסטי, הנראטיב המזרחי. כל אחד והסיפור שלו, כל אחד והאג'נדה שלו. וכשכל סיפור נועד לקדם אג'נדה, אף סיפור אינו מקדם את חקר האמת.

זו הטענה המקובלת והמוצדקת נגד זילות המחקר ההיסטורי בעידן הנראטיבים. אכן, קשה לכבד היסטוריונים שאינם אלא תועמלני אג'נדות. קשה לכבד הפקרות אינטלקטואלית. אבל בעיצומה של החינגה האנטי־רלטיביסטית הזאת כדאי להיזהר משימוש מופקר במונח "רלטיביזם". לא כל רלטיביזם הוא ציני, תועמלני וחסר בושה, ומי שתוקף את הרלטיביזם שפשה בלימודי ההיסטוריה, עושה לעצמו חיים קלים. הבעיה העמוקה והעתיקה של ההיסטוריוגרפיה אינה נעוצה ברלטיביזם הציני שבאופנה אלא ברלטיביזם העקרוני והבלתי נמנע של כל ניסיון לספר פיסת עבר.

הרלטיביזם העקרוני אינו פוסט־מודרניסטי. הוא היה שם תמיד, מהמשפט הראשון בספר ההיסטוריה הראשון במערב. "**הרודוטוס איש הליקרנסוס מציג בספר זה את פרי מחקריו**", פותח הרודוטוס את ספרו, "**כדי שלא יאבד זכרם של מעשי בני אדם עם הזמן, וכן שלא תאבד תהילתם של מפעלים גדולים ומופלאים, הן של יוונים והן של ברברים, ובמיוחד לא הסיבה שבגללה נלחמו אלה באלה**".

הרודוטוס: מכונה אבי ההיסטוריונים וחולל את מה שנחשב כמעבר מספרות להיסטוריה, כלומר סיפור המבוסס על הגיון פנימי ועובדות ולא רק תיאור ספרותי דוגמת ה"אודיסאה". למרות זאת, היה שנוי במחלוקת מבחינת אמינות מחקריו ותיאוריו

האם ברור להרודוטוס על מה הוא כותב? הוא מתלבט בין שלושה נושאים. מצד אחד, הוא רוצה לכתוב על "מעשי בני אדם" הראויים להיזכר, בין שהיו מעשים טובים ובין שהיו מעשים רעים. מצד שני, הוא רוצה לכתוב מה שניטשה יכנה "היסטוריה מונומנטלית": להנציח "**מפעלים גדולים ומופלאים**". מצד שלישי, הוא רוצה לכתוב על מלחמת פרס־יוון. שלושת הנושאים חשובים בעיניו, והתלבטותו ביניהם מעידה על הרלטיביזם שביסוד כל בחירה שכזאת. כל אחד משלושת הנושאים המתחרים על תשומת ליבו מכתיב צורת הסתכלות שונה על העבר, התמקדות בעובדות מסוימות תוך התעלמות מאחרות, ורציונל שעל־פיו יאורגנו העובדות הנבחרות לכדי סיפור משמעותי. שלושת הסיפורים יהיו אמיתיים, אבל מאחר שלא יתמקדו באותם אירועים, הם לא יעלו בקנה אחד, גם אם לא יסתרו זה את זה.

רק סיפורים בעלי נושא משותף עשויים לסתור זה את זה, כפי שאכן עושים הנראטיבים המתנגשים של ימינו. הנראטיב הציוני והנרטיב הפלסטיני עשויים לסתור זה את זה בכל הנוגע לאירועי 1948, אבל אלו שתי גרסאות של אותם אירועים עצמם. הרודוטוס מודע היטב ליחסיותם ולאופיים המפוקפק של הנראטיבים שהוא מצטט. על־פי הנראטיב הפרסי, המלחמה התחילה בגלל הפיניקים – "**ואולם לי אין כוונה לקבוע שהדברים התרחשו כך או כך**", הוא כותב. "**אני חייב לספר את מה שמספרים, אבל אינני חייב להאמין בכל דבר**", הוא כותב, וחוזר על כך בניסוחים דומים לאורך ספרו. הבעיה הבסיסית שלו אינה יחסיותם של הסיפורים שהוא מצטט, אלא עצם בחירתו לצטט דווקא אותם ולא סיפורים על נושאים אחרים.

לתוקידידס כבר היה ברור על מה הוא כותב. "**תוקידידס איש אתונה העלה על ספר את קורות מלחמת הפלופונזים והאתונאים כמות שהם**", פתח את ספרו בגוף שלישי, כקודמו, "**והוא התחיל בזאת מיד משנתרגשה ובאה, שכן ציפה שחשובה וראויה לתשומת לב תהא יותר מאלו שקדמוה**". הביטוי "**כמות שהם**" מבטא את יחסו הביקורתי כלפי הרודוטוס, שאינו מספר על המאורעות "כמות שהם", אלא על "מה שמספרים" על אותם מאורעות. אם תוקידידס, ולא הרודוטוס, נחשב בדרך כלל לאבי ההיסטוריוגרפיה במובן האקדמי, הרי זה בדיוק על שום השתדלותו חסרת הפשרות – לפחות לטענתו – להגיע לחקר האמת העובדתית. "**בירותי כל דבר לפרטיו במידת הדיוק שבגדר האפשרות גם במאורעות שהייתי עד ראייה להם, וגם לאותם ששמעתי מפי אחרים**", הוא מצהיר, "**והשתדלות זו גרמה לי יגיעה מרובה, כי אותם שנכחו במאורעות השונים לא סיפרו אותם דברים עצמם על אותם מעשים עצמם, אלא כל אחד ואחד סיפר לפי חיבתו לאחד הצדדים ולפי כוח זכרונו**".

תוקידידס: לצד הרודוטוס, נחשב לחוקר ההיסטוריה המשמעותי הראשון. במידה רבה התבסס בהיסטוריה אותה כתב על ניסיון אישי ומחקר לצד ראיונות ושיחות עם הגיבורים או עדי ראייה

תוקידידס ביקורתי יותר מהרודוטוס באשר לעדויות שהוא גובה, אבל אין הוא ביקורתי יותר ממנו באשר לעצם הגדרת הנושא הנדון. למעשה, מבחינה זו הוא ביקורתי פחות מהרודוטוס, שהתלבט, כאמור, בין שלושה נושאים. בעיני תוקידידס, ברור מאליו שאירועים צבאיים הם האירועים החשובים ביותר בעולם: כל־כך ברור מאליו, עד שכל שאר הדברים המתרחשים בעולם נקלטים בתודעתו רק בתור תופעות לוואי של המלחמה. "**רעידות אדמה שהתחוללו בעוצמה רבה על פני חלקי ארץ גדולים; ליקויי חמה שהיו תכופים מאותם הזכורים לנו מזמנים עברו; בַצּוֹרות גדולות היו בכמה מקומות, שגררו אחריהן רעבון; ולבסוף, אותה מחלה־מגפה, שהֶיזקהּ היה ניכר ביותר, ואף דלדלה חלק מיוון – כל הפגעים האלו באו על יוון עם מלחמה זו**", הוא מסכם את חשיבותה הקוסמית ממש של מלחמת פלופונז. ברור מאליו, בעיניו, שההתרחשות המשמעותית ביותר שפקדה את ארצו בימיו היתה המלחמה ולא רעידות האדמה, הבצורות או המגפה, שהפילו חללים רבים יותר לאין ערוך. אירוע צבאי מקומי הוא ההקשר, הוא סיפור המסגרת, הוא סיפור־העל, שבתוכו מופיעים ומקבלים את משמעותם כל שאר האירועים שתחת השמש.

>>

>> לא כך למשל, בעיני המספר המקראי, הפוטר באזכור אגבי אירוע צבאי־מדיני כביר כמו מסע ניצחונותיו של ירבעם בן יואש, מלך ישראל שכבש את כל ממלכת ארם־דמשק. האזכור אגבי משום שמלך זה "**לא סר מכל חטאות ירבעם בן נבט אשר החטיא את ישראל**" (מלכים ב, יד כד). בעיני המספר המקראי, ירבעם בן יואש הוא קודם כל חוטא, ממשיכו של החוטא ירבעם בן נבט. דמותו של מי שהיה, מבחינה צבאית־מדינית, גדול מלכי ישראל מאז ימי דוד ושלמה, מגומדת כך להערת שוליים, ורוב קוראי התנ"ך אינם זוכרים כלל, מן הסתם, שהיה עוד ירבעם אחרי ירבעם בן נבט.

אילו תוקידידס כתב את התנ"ך, היה מקדיש לירבעם בן יואש כמה פרקים, אם לא ספר. מבחינתו, ברור כשמש שמלחמות הן האירועים המשמעותיים ביותר – ואם לא די בכך, ברור לו שמלחמת פלופונז היא המלחמה המשמעותית ביותר בהיסטוריה. אמנם, "**מלחמת פרס היתה הגדולה במאורעות העבר**", הוא כותב, "**אבל היא באה לידי הכרעה מהירה בשתי מערכות ים ובשתי מערכות יבשה**", ואילו מלחמת פלופונז "**נמשכה זמן רב, ובימיה התרגשו על יוון פורענויות כאלה** [רעידות אדמה, בַּצורות וכו'], **שלא ידעה מעולם כמותן במשך אותו שיעור זמן**".

תוקידידס יכול לטעון זאת רק בדיעבד, לאחר שנגמרה המלחמה שנמשכה 27 שנה, ואיתה פגעי הטבע שהתרגשו על יוון במרוצת אותן שנים. אבל אם נקרא שוב את משפט הפתיחה של ספרו, נגלה שהוא כלל לא חיכה לתום המלחמה כדי להעריך את מידת חשיבותה ההיסטורית, אלא התחיל לכתוב את קורותיה "**מיד משנתרגשה ובאה, שכן ציפה שחשובה וראויה לתשומת לב תהא יותר מאלה שקדמוה**". עוד לפני שמלאה שנה אחת למלחמה, עוד לפני שהתלוותה לה רעידת אדמה או בצורת אחת, הוא כבר ייחס לה, מראש, חשיבות עילאית.

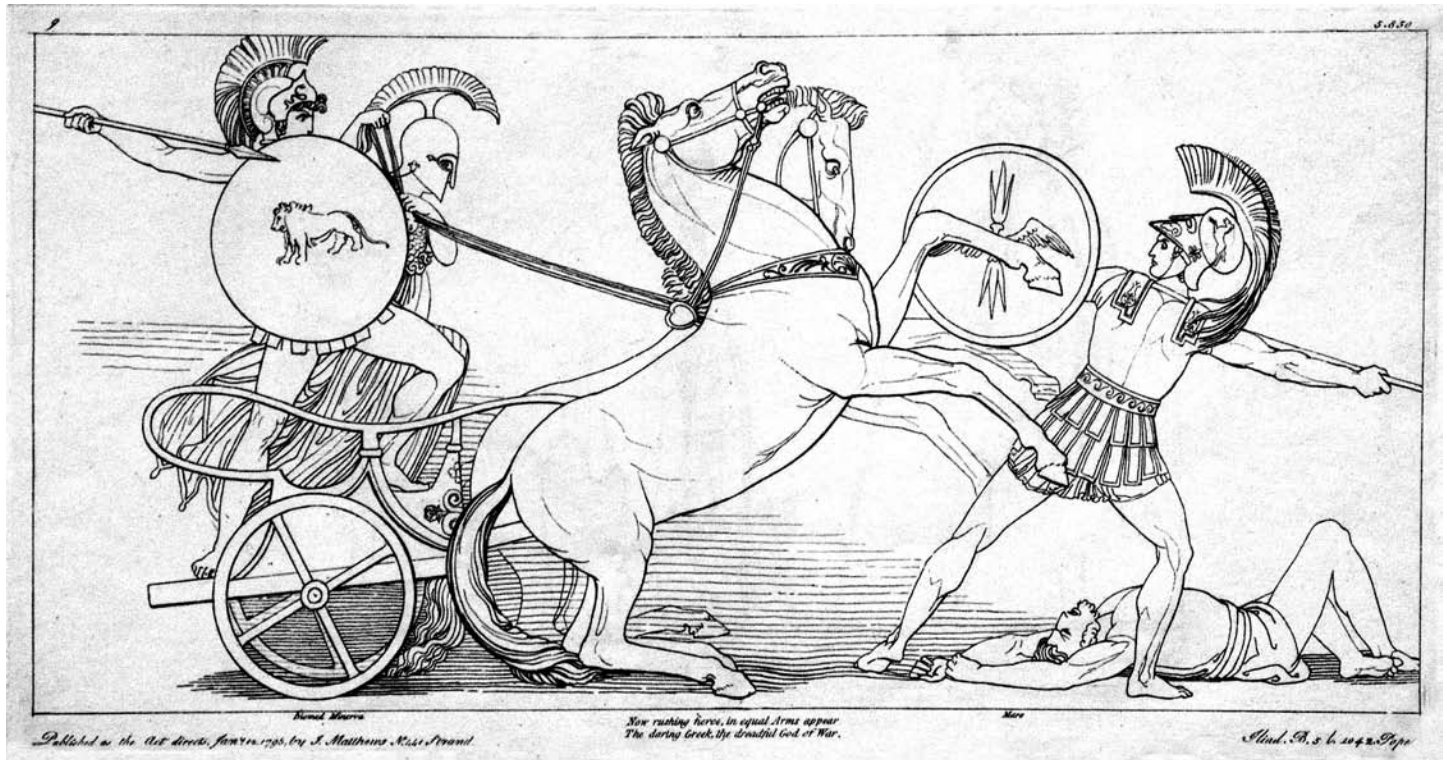
העובדות אמיתיות. תוקידידס לא בדה את רעידות האדמה, הבצורות והמגפה. אבל הוא משקר לעצמו ולנו כשהוא מנמק באמצעותן את חשיבותה של המלחמה שהיתה כה חשובה בעיניו בלאו הכי. האמת שממנה ניסה לחמוק היא זו שישעיהו ברלין הודה בה במסתו "**כורח היסטורי**" (1953), כשהעיר שאפילו בכתיבת הכרוניקות היבשות והפשוטות ביותר "**אנו בוחרים מאורעות או אנשים מסוימים מאחר שאנו סבורים כי נודעה להם מידה מיוחדת של 'השפעה' או 'כוח', או 'חשיבות'**".

השאלה הקובעת היא, אפוא, מה חשוב בעיני ההיסטוריון, מה משמעותי ורלוונטי בעיניו – וכל תשובה שנקבל מהיסטוריון זה או אחר תהיה רלטיביסטית, אם רק תהיה כנה. תולדות ההיסטוריוגרפיה הן תולדות נדידתה של תשומת הלב המחקרית ממוקד עניין אחד למשנהו. תשומת ליבם של היסטוריונים היתה נתונה למישור הצבאי־מדיני עד שנדדה למישור הכלכלי־חברתי, שממנו נדדה למישור הגיאוגרפי־דמוגרפי, שממנו נדדה למישור התרבותי. היא תמשיך ודאי לנדוד למישורים אחרים, ובכל פעם שתחנֶה באחד מהם יתיימרו ההיסטוריונים לספר "סוף סוף" את "הסיפור האמיתי" על העבר הנדון, שהרי "סוף סוף" הוא יסופר מזווית ההתייחסות הרלוונטית "באמת" – שתוחלף מתישהו, כקודמותיה, בזווית התייחסות שתיחשב, בתורה, רלוונטית ממנה.

דוגמה מאלפת לכך, ודווקא מן הכיוון הפוזיטיביסטי המקדש את העובדות היבשות, סיפקו באמצע המאה ה־20 ההיסטוריונים הצרפתים שהשתייכו לאסכולת ה־Annales. שוחרי סטטיסטיקה אלה החשיבו יותר מכל את העובדות הכלכליות והדמוגרפיות, פחות מהן את המבנה החברתי, ופחות מכל את ההתרחשויות הפוליטיות והתרבותיות. אחד הבולטים שבהם, עמנואל לֶרואה לָדורי, תיאר לאור תפיסה זו, בספר שפרסם ב־1966, את תולדות אירופה מהמאה ה־14 עד המאה ה־18 כ"היסטוריה סטטית" (l'histoire immobile). שום דבר, לשיטתו, לא השתנה באירופה ב־500 השנים הללו, הואיל והחברה נשארה כלואה באותה "אקו־דמוגרפיה" מסורתית.

"**במודל חדש זה של ההיסטוריה**", הגיב לורנס סטון ב־1979 על תיאורו של לָדורי, "**תנועות כמו הרנסנס, הרפורמציה, ההשכלה וצמיחתה של המדינה המודרנית פשוט נעלמו כלא היו. התמורות האדירות בתרבות, באמנות, באדריכלות, בספרות, בדת, בחינוך, במדע, במשפט, בחוקה, בהתגבשות מדינות, בביורוקרטיה, בארגון צבאי, בהסדרי ממון וכיוצא באלה, אשר התחוללו ברבדים העליונים של החברה באותן חמש מאות שנה, נתקלו בהתעלמות גמורה**". במלים אחרות: לדורי הגיש לנו תיאור היסטורי מופרך, אף שכל העובדות הכלולות בו נכונות.

"תולדות ההיסטוריוגרפיה הן תולדות נדידתה של תשומת הלב המחקרית ממוקד עניין אחד למשנהו. תשומת ליבם של היסטוריונים היתה נתונה למישור הצבאי־מדיני עד שנדדה למישור הכלכלי־חברתי, שממנו נדדה למישור הגיאוגרפי־דמוגרפי, שממנו נדדה למישור התרבותי. היא תמשיך ודאי לנדוד למישורים אחרים, ובכל פעם שתחנֶה באחד מהם יתיימרו ההיסטוריונים לספר 'סוף סוף' את 'הסיפור האמיתי' על העבר"



"**מלחמת טרויה**", מתוך סדרת תחריטים של הפסל הקלאסיציסטי ג'ון פלקסמן, 1793/ ויקישיתוף

"**אני רוצה להראות לכם איך כיום יכולים אנשים לגבש לעצמם נקודת ראות חדשה על ההיסטוריה האישית שלהם ועל זו של האנושות כולה**", כותב תיאודור זֶלדין בפתח ספרו, "**היסטוריה אינטימית של האנושות**" (1994). "**אני רוצה להראות לכם איך משתנים כיום סדרי העדיפויות, ואֵילו משקפיים דרושים כדי להתבונן בהם. במהלך ההיסטוריה החליפו בני האדם שוב ושוב את המשקפיים שמבעדם התבוננו בעולם ובעצמם**", ובימינו מתרחשת "**העתקת תשומת הלב מקטסטות לאומיות לנושאים בעלי ערך הומניטרי וסביבתי רחב**". סדרי העדיפויות משתנים, ואיתם המשקפיים. מהרלטיביזם הזה אף היסטוריון עוד לא חמק.

אין להסיק מכך, כדרכם האופנתית של בעלי האג'נדות, שאין אמת היסטורית שאפשר לחתור אליה אלא רק אינטרסים שאפשר לקדם. אדרבה, דווקא בעידן הפוליטיזציה הצינית של לימודי ההיסטוריה, חשוב להבהיר את ההבדל בין אמת יחסית לבין התנערות מן האמת בשם היחסיות.

חיבור היסטורי הוא מחקר רציני ולא סתם טקסט מגמתי, אם הוא מגיש לנו פירוש תקף ומבוסס של החומר הנחקר. פירוש תקף (valid) הוא פירוש משכנע מבחינה לוגית, ופירוש מבוסס (sound) הוא פירוש הנשען על ראיות מספיקות. כשהיסטוריון כופה על הראיות שבידו פרשנות שאינה מתחייבת מהן, פרשנותו דמגוגית. כשהוא מפריח קביעות שאינן מגובות בראיות עובדתיות, פרשנותו חסרת בסיס.

פירוש תקף ומבוסס הוא פירוש אובייקטיבי. אובייקטיבי, לא נייטרלי. אף היסטוריון אינו נייטרלי, אבל תהא עמדתו של ההיסטוריון אשר תהא, הדרישה לתיקוף לוגי ולביסוס עובדתי היא דרישה אובייקטיבית, אוניברסלית, החלה על המחקר ההיסטורי ועל רוב מדעי הרוח, כשם שהיא חלה על מדעי הטבע ועל מדעי החברה. מבחן ההיגיון ומבחן הראיות אינם תלויי אג'נדה, ותועמלני האג'נדות נכשלים בשניהם.

יש לדרוש אפוא מכל פירוש היסטורי לעמוד במבחני התיקוף והביסוס, אבל יש לזכור גם שאף פירוש תקף ומבוסס של פיסת עבר אינו הפירוש התקף והמבוסס היחיד שאפשר להעניק לה. כי אין מנוס: כל פירוש של העבר מושתת בהכרח על החשבתם של גורמים מסוימים – מדיניים, אקלימיים, כלכליים, תרבותיים, פסיכולוגיים, דמוגרפיים או טכנולוגיים – כגורמים המכריעים והרלוונטיים ביותר, ועל כל אחד מן הגורמים הללו אפשר להשעין תיאור היסטורי תקף ומבוסס, שלא יעלה בקנה אחד עם שאר התיאורים התקפים והמבוססים של אותו עבר עצמו. ■

מיה בר־הלל

להרשיע באמצעות נוסחה מתמטית

מערכת המשפט הפלילי, כמו המדע, עוסקת בחקר האמת ובחיפוש אחר עובדות. עד כמה דומה בית־המשפט למעבדות הניסוי באקדמיה, והאם חישובים מתמטיים וסטטיסטיים רלוונטיים לעשיית משפט צדק

■ המשפט הוא דיסציפלינה מרכזית ורבת השפעה בחיינו. בית־המשפט הוא מוסד דמוקרטי חשוב, המתיימר להסדיר מערכות חברתיות ויחסים בין־אישיים באמצעות שיטות רציונליות. לאיזו תחום ידע שייך שלב בירור העובדות במשפט? למדעים המדויקים, שחותרים ל"אמת" יחידה ואובייקטיבית הניתנת להוכחה אמפירית, או למדעי הרוח, שבהם ה"אמת" יכולה גם להיות סובייקטיבית, תלויה בפשר, בנרטיב ובנקודת המבט?

מצד אחד, בבית־המשפט נערך סוג של טקס, שבו יש לכל שחקן תפקיד מוגדר, ושבו להופעה, לסגנון, ובעיקר למילים הנאמרות, יש חשיבות עצומה – ממש כמו בתיאטרון. מצד שני, בירור העובדות מתנהל על־פי מערכת כללים מדוקדקת ושיטתית, שמושתתת על שאיפה לאובייקטיביות, ייחוס ערך עליון לראיות מוצקות, כללים ברורים של מותר ואסור, ופרוטוקולים קפדניים של התנהלות – ממש כמו במעבדה מדעית.

הכוונה כאן לשיטת המשפט האנגלוסקסית הנהוגה גם בישראל, אשר שונה משיטות משפט אחרות, למשל זו הגרמנית

במאמר שפרסמתי ב־1984, תחת הכותרת "**ניתוח הסתברותי בבירור עובדות משפטי**", כתבתי: "**מערכת הצדק המשפטי המודרנית חולקת תכונה בסיסית עם המדע: המחויבות לגילוי עובדות כאמצעי לקדם את המטרה. אין מחויבות זו תכונה של מה בכך, מכיוון שאין היא משותפת לכל המערכות של העיסוקים האנושיים (למשל, אמנות או פוליטיקה), והיא גם לא תמיד הייתה – במובן היסטורי או אנתרופולוגי – תכונה של כל מערכות הצדק המשפטי. עם זאת, לשתי המערכות יש מטרות שונות: עשיית צדק והגנה על ערכים חברתיים לזו, והבנת העולם לזו; והן פועלות תחת מסכת מגבלות שונות... מסיבה זו ואחרות, שתי המערכות פיתחו שיטות שונות להנחות את החיפוש אחר האמת**".

ההבדל במטרות ובתפקידים בין שתי המערכות מסביר חלק מהשוני בהתנהלות של כל אחת מהן. הבדל אחד הוא במידת המחויבות לאמת. במשפט, הסניגור אינו עובד בשירות האמת, אלא בראש ובראשונה בשירות האינטרס של מרשו. כמובן שגם למדען וגם לפרקליט אסור לשקר ביודעין, אך לפרקליט, בעיקר לזה של ההגנה, מותר לבחור את מי להעלות לדוכן העדים ואת מי לא, והוא רשאי להיות חד־צדדי. הוא גם רשאי, שלא לומר חייב, להציג את הטיעונים הטובים ביותר לטובת מרשו, גם אם הוא איננו מאמין בחפותו.

המדען, לעומת זאת, מחויב לאמת בלבד. אסור לו לבחור ולהציג רק את הממצאים שתומכים בהשערתו, ולגנוז או להסתיר את אלה שמפריכים אותה. פילוסוף המדע **קארל פופר** אף הרחיק לכת וטען, שהשיטה המדעית מחייבת את המדענים לנסות ולהפריך את השערותיהם, וכי רק השערות שהפרכתן כשלה שורדות.

הבדל חשוב נוסף הוא, שבמדע לא קיים עקרון "סופיות הדיון". מסקנה מדעית תקפה רק עד אשר היא מופרכת, או מוחלפת במסקנה אחרת, בתהליך שיכול, באופן עקרוני, להימשך לעד. מטעמים פרגמטיים ברורים, שלפיהם הצדק חייב להיראות ולא רק להיעשות, במשפט קיים מספר סופי וקטן של ערכאות (בדרך־כלל עד שלוש) שיכולות לדון באותו מקרה, ופסיקתה של האחרונה שבהן קובעת אחת ולתמיד את "האמת המשפטית". אמת משפטית זו איננה חייבת להיות זהה לאמת העובדתית אפילו למראית עין.

עוד הבדל מצוי בסוג המגבלות שמוטלות על ראיות, על מנת שהן יהיו קבילות. במדע המגבלות נובעות אך ורק מהרצון לקדם את בירור האמת העובדתית, ולכן ראיות מדעיות חייבות להיות אובייקטיביות, שקופות וניתנות לאימות ולבדיקה על־ידי אחרים.

>>

סיגלית לנדאו, "מאזני אי־צדק", 2009,
כסף, 22x7x32 ס"מ

"במשפט, הסניגור אינו עובד בשירות האמת, אלא בראש ובראשונה בשירות האינטרס של מרשו. כמובן שגם למדען וגם לפרקליט אסור לשקר ביודעין, אך לפרקליט, בעיקר לזה של ההגנה, מותר לבחור את מי להעלות לדוכן העדים ואת מי לא, והוא רשאי להיות חד־צדדי. הוא גם רשאי, שלא לומר חייב, להציג את הטיעונים הטובים ביותר לטובת מרשו, גם אם הוא איננו מאמין בחפותו"

>>

אנקדוטות והתרשמויות סובייקטיביות אינן קבילות במדע. מערכת המשפט פוסלת לא רק ראיות שיכולות לשבש את בירור העובדות (כגון עדות שמיעה, בנימוק שהיא איננה ניתנת לחקירת נגד; או עדות על הרשעות קודמות, בנימוק שזו יוצרת הטיה כנגד הנאשם), אלא גם ראיות שהן בבירור רלוונטיות, ואפילו קריטיות, לבירור האמת, כגון ראיות שהושגו ללא צו חיפוש או ללא אזהרה בחקירה. אלה גם אלה מוכרזות כבלתי קבילות. מבחינת בית־המשפט יש טעם לדחות ראיות מסוימות גם כדי לסמן לרשויות החוק להימנע מלאסוף ראיות שכאלה בעתיד.

באופן כללי, הפסיקה המדעית משקפת רק את מה שכבר ידוע, ואילו הפסיקה המשפטית מיועדת, בין היתר, לשליחת מסרים ותמריצים לגבי התנהגויות עתידיות. עם זאת, יש להודות שגם באותם מדעים שבהם הנבדקים הם אנשים (רפואה ומדעי החברה), גוברת עם השנים המגמה להטיל מגבלות אתיות על ראיות מדעיות, בעיקר מתוך כיבוד זכויותיהם של הנבדקים. כמעט שלא ניתן היום לעשות ניסויים בבני אדם מבלי לקבל את הסכמתם המודעת לניסוי. עיתונים מדעיים מסוימים לא יפרסמו תוצאות של ניסויים שבהם הונו – ולו לטווח קצר ובשל כורח מתודולוגי – את המשתתפים.

בין כתב אישום להשערת מחקר

למרות הבדלים אלה ונוספים, קיימת גם אנלוגיה מעניינת בין ההליך המשפטי למחקר המדעי. בהליך הפלילי התביעה מציגה **כתב אישום** (למשל: "פלוני גנב כסף מאלמוני"), ואילו הנאשם נהנה מ**חזקת החפות**. יש חוסר סימטריה ברור בין התביעה להגנה. התביעה חייבת להוכיח את אשמת הנאשם, בעוד שההגנה איננה חייבת להוכיח את חפותו. ההגנה אמנם מנסה לקעקע את גרסת התביעה, אך היא איננה חייבת להציג גרסה משכנעת משלה לשם כך. די בכך שתצליח להטיל **ספק סביר** בגרסת התביעה.

נטל הראיות מוטל מלכתחילה על התביעה, אשר מציגה עדים וראיות (קבילות) להוכחת גרסתה. לפעמים ההוכחות של התביעה כה משכנעות, שעל מנת להפריכן, נטל ההוכחה עובר במהלך המשפט אל ההגנה. חוסר הסימטריה בין התביעה להגנה מתבטא גם בכך, שבית־המשפט לא בוחר בתום המשפט בגרסה המשכנעת יותר. הוא פוסק אשמה אך ורק אם גרסת התביעה הוכחה **מעבר לספק סביר**. אם התביעה לא הצליחה לעשות זאת, הנאשם מזוכה מחמת הספק, או מהיעדר ראיות או מהיעדר אשמה, הכול לפי חוזקה של גרסת ההגנה.

במדע, ניתוח תוצאות של ניסויים מתנהל לעתים במתכונת הנקראת "**בדיקת השערה סטטיסטית**": המדענים מציגים **השערת מחקר**, המקבילה המדעית לכתב אישום, שטוענת בדרך־כלל לקיומו של אפקט מסוים (למשל: "תרפיה מסוימת מקילה על דיכאון"). כנגד השערת המחקר ניצבת "**השערת האפס**" – השערה הטוענת להיעדר האפקט (בדוגמה שלנו: "אין לתרפיה כל השפעה על דיכאון"). כמו בשיטה המשפטית, גם במדע אין סימטריה בין השערת המחקר להשערת האפס. השערת האפס, מקבילתה של חזקת החפות, איננה זקוקה להוכחה, אלא נהנית ממעמד של ברירת המחדל. בנוסף, רק תוצאות ניסוי משכנעות במיוחד ייחשבו להצלחה בהוכחת ההשערה המדעית – ממש כמו בבית־המשפט. בבדיקת השערות סטטיסטית קוראים ל"ספק סביר" בשם "**מובהקות**".

מובן כי בדיסציפלינות שונות יש שיטות מחקר שונות. אנו מתרכזים כאן בשיטות מחקר האופייניות בעיקר לתחומי הפסיכולוגיה, הרפואה והחקלאות

אולם כאן מסתיימת האנלוגיה בין משפט פלילי ובדיקת השערות סטטיסטית. ראשית, בבדיקת השערות סטטיסטית יש ל"מובהקות" הגדרה כמותית מדויקת (אם כי שרירותית), מה שלא קיים במשפט לגבי "הספק הסביר". רמת המובהקות שמקובל לדרוש בניסויים בבני אדם היא של 5% או פחות. תוצאת ניסוי תיקרא "**מובהקת ברמה של 5%**", כאשר הסיכוי לקבל תוצאה כזו, או טובה ממנה, **אם השערת האפס נכונה**, הוא לכל היותר 5%. נזכור שהשערת האפס אומרת שאין כל אפקט, ושלפיכך, גם אם לכאורה נמצא אפקט כזה, הוא בהכרח מקרי. במילים אחרות, הטענה שתוצאה היא מובהקת

ברמה של 5%, כמוה כטענה שהסיכוי לקבל **במקרה** תוצאה דומה או טובה ממנה אינו עולה על 5%.

הספרות המשפטית עסקה לא מעט בשאלה, האם ראוי לתרגם את מושג "הספק הסביר" המשפטי למונח כמותי, ואם כן – מה צריך להיות גודלו. אי־היכולת להגיע להסכמה ביחס לשאלה השנייה היא אחת הסיבות, אם כי לא היחידה, לכך שאין תמימות דעים ביחס לשאלה הראשונה. יש הטוענים שאם ניתן לכמת את הספק – מניה וביה אין הוא הספק הסביר המשפטי, שכן הרשעה בפלילים דורשת ביטחון סובייקטיבי מוחלט, גם אם ברור לכול ששופטים עלולים לטעות. יש המזהים את המושג "מעבר לספק סביר" עם "שכנוע מוחלט" (moral conviction). אחרים מוכנים להודות שהדרישה לביטחון סובייקטיבי מוחלט היא כה מחמירה, שיש בה כדי לסכן את היכולת להרשיע בכלל, ושהיא עשויה להגדיל באופן לא מידתי את שיעור האשמים שיזוכו מחמת הספק. הם רואים בהתחמקות מהגדרה כמותית של ספק סביר פתח לחוסר אחידות בפסיקה – חוסר אחידות שיש הרואים בו דווקא יתרון.

ההבדל השני מהותי עוד יותר. לכאורה, הדרישה לתוצאות מובהקות במדע מקבילה לדרישה לסטנדרט הוכחה גבוה במשפט פלילי, ורמת המובהקות הסטטיסטית איננה אלא כימות מספרי של מידת הספק הסביר שהמדע מוכן לסבול. אולם מה שקורה בתום ההליך המשפטי, בהשוואה לתום הליך הניסוי המדעי, מגלה חוסר הקבלה חשוב בין שני המושגים הללו.

בתום משפט פלילי הנאשם מוכרז "אשם" או "לא אשם". הוא מוכרז "אשם" רק אם אשמתו הוכחה "מעבר לספק סביר". בכל מקרה אחר הוא מוכרז "לא אשם", ובדרך־כלל הכרזת "לא אשם" איננה זהה להוכחת חפות. גם בתום ניסוי מדעי מתקבלת תוצאה "מובהקת" או "לא מובהקת". אלא שתוצאה מובהקת **איננה** מהווה הוכחה לאמיתותה של השערת המחקר. כל מה שתוצאה אמפירית יכולה לעשות הוא להדוף את השערת האפס (אם היא יצאה מובהקת), או להיכשל בהדיפת השערת האפס (אם היא איננה מובהקת).

ובכן, משפט פלילי מסתיים בכך שהוכחה או לא הוכחה אשמה, ואילו בדיקת השערות סטטיסטית איננה מסתיימת בכך שהשערת המחקר הוכחה או לא הוכחה, אלא רק בכך שהשערת האפס נהדפה או לא נהדפה. התוצאה המשפטית הרבה יותר מספקת מבחינה אינטלקטואלית מאשר סיום הניסוי המדעי. הבדל זה מבטא חולשה גדולה של הליך בדיקת ההשערות הסטטיסטי, אשר איננו נותן מענה כמותי לשאלה המעניינת באמת: מה הסתברותה של השערת המחקר. לא ארחיב בנקודה זו, ורק אזכיר מה שכבר נאמר לעיל: בהליך המשפטי יש רק הזדמנות אחת להציג את כל הראיות, ולכן מוטב שיהיו משכנעות דיין. מנגד, בהליך המדעי הראיות נצברות לאורך שנים, בניסויים רבים, כולל ניסויי רפליקציה (שחזור הניסוי המקורי על־ידי אחרים). המדע איננו מגיע לעולם לסוף פסוק.

חוסר ההקבלה השלישי בין שני ההליכים מקורו בתפקידים של השחקנים השונים. פרסום של עבודה מדעית הוא המקבילה לפומביות המשפט. בבית־המשפט נוכחים, בנוסף לתובע, גם נאשם, סניגור ושופט. אין כל חשיבות לכך שלתפקיד הנאשם אין מקבילה מדעית, אך לכך שאין מקבילה ספציפית לסניגור יש חשיבות גדולה. בהליך המדעי השופט (שבבית־המשפט יש לו תפקיד אקטיבי בניהול המשפט כולו) הוא הקורא החיצוני – למעשה, כלל הקוראים – של הפרסום המדעי. אותו שופט נכנס לתמונה מאוחר מאוד – למעשה, רק בתום הניסוי – והוא משמש גם בתפקיד הסניגור, כלומר, מי שנקודת המוצא שלו היא השערת האפס. הוא מנסה לקעקע את גרסת המדענים באמצעות מחויבות אקטיבית לגישה סקפטית. המדען־הקורא (שהוא גם השופט וגם הסניגור) מנסה להעלות סיבות, מדוע הניסוי או תוצאותיו אינם משכנעים. ברור שעורכי הניסוי חייבים, לפיכך, להציג מראש תוצאות וטיעונים משכנעים ככל שיוכלו, על מנת לשכנע קורא ביקורתי וסקפטי, שמנסה למצוא "חורים" בטיעוניהם (שיטות משפט פחות לעומתיות, כמו זו הנהוגה בגרמניה, שבה השופטים ולא הצדדים מזמנים את העדים, מהוות מקבילה טובה יותר לכך, שאין במדע הפרדה בין התפקיד של השופט לתפקיד הסניגור).

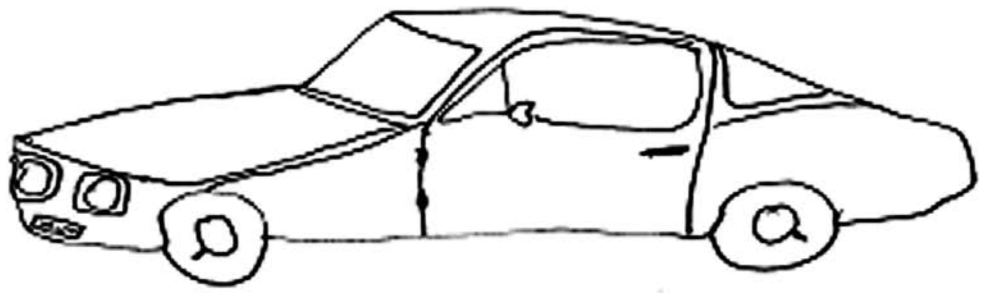
עד כאן ניסיתי להראות שגם מערכת המשפט וגם המדע עוסקים בבירור עובדות, וששתי השיטות פיתחו הליכים בעלי היגיון דומה להתמודד עם אי־הוודאות השוררת ביחס לאותן עובדות. לאור הדמיון בין ההליכים היה זה אך טבעי שמערכת המשפט תאמץ ותיישם את המודלים הפורמליים של תורת ההסתברות והסטטיסטיקה, שמשמשים את המדע להשגת המטרה. בפועל, הדבר לא קורה. נוכל לנסות להבין מדוע באמצעות שתי דוגמאות מפורסמות, שבהן נעשה ניסיון להפעיל שיקולים סטטיסטיים ומתמטיים מפורשים במשפט.

מקרה מבחן 1: הנהג העקשן

בעיר שוודית הוטלה באזור מסוים מגבלת חנייה של שעה אחת, הגם שהחנייה עצמה הייתה בחינם. פקחית שעברה במקום ציינה בפנקסה את מיקום שסתומי האוויר על הגלגלים בצד אחד של הרכב. הסימון מבוסס על אנלוגיה למחוג השעות בשעון מחוגים, כשהשעה מעוגלת תמיד כלפי מטה. כך, למשל, בתרשים 1 (בעמוד הבא) הסימון יהיה: גלגל קדמי שעה 7, גלגל אחורי שעה 4. בשובה למקום לאחר שעברה שעה, מצאה הפקחית את הרכב ואת שסתומי האוויר באותו מצב ורשמה בשל כך דו"ח חנייה.

הנהג שקיבל דו"ח בחר להישפט. בפני בית־המשפט הוא טען שעזב

>>



תרשים 1: סימון הגלגלים על-ידי הפקחית.

>> את המקום בין שני ביקורי הפקחית, וחזר לחנייה לאחר זמן מה. לטענתו, רק מקרה הוא ששני שסתומי האוויר הראו בשתי החניות השונות את אותן שעות. ובכן, "**השערת המחקר**" שלנו הופיעה בכתב האישום: "**המכונית עמדה באותו מקום למעלה משעה רצופה**". טענת ההגנה, הלא היא "**השערת האפס**", גורסת שהמכונית לא עברה על מגבלת החנייה – כלומר, לא עמדה באותו מקום למעלה משעה רצופה. ראיות התביעה היו ששסתומי האוויר בשני גלגלים הורו על אותן שעות (דהיינו, ניצבו באותן זוויות) בשני המועדים שנבדקו. המובהקות הסטטיסטית של הראיות היא הסיכוי, שתוצאה כזו תתקבל בשתי מדידות גם במקרה שהמכונית זזה ממקומה בין שתי המדידות כטענת הנהג.

השופט החליט לחשב מתמטית את הסיכוי לצירוף מקרים שכזה. נניח שמיקומו של שסתום אוויר ברגע שמכונית נעצרת מתפלג התפלגות אחידה על פני היקף הגלגל (כלומר, לכל "שעה" סיכוי זהה לזה של כל "שעה" אחרת). אם כן, הסיכוי שהשסתום ייעצר מקרית על שעה מסוימת מתוך 12 הוא 1/12 (במקרה שלנו – השעה המסוימת היא אותה שעה בה ניצב השסתום קודם לכן). מכיוון שמדובר בשני גלגלים, הסיכוי שזה יקרה בשניהם כאחד הוא 1/12 כפול 1/12, כלומר 1/144. עד כאן החשבון שעשה השופט.

השופט זיכה את הנאשם בנימוק, שסיכוי של 1/144 הוא מספיק גדול, לדעתו, כדי להטיל ספק סביר בטענת האישום. הוא גם הוסיף שאילו רשמה הפקחית את מיקומם של השסתומים בכל ארבעת הגלגלים, היה כבר הסיכוי נחשב בעיניו קטן דיו להרשעה.

מבקרים העלו כמה השגות על חישובי השופט. בראש ובראשונה, הם טענו, הסיכוי שהשסתום הקדמי והשסתום האחורי יחזרו **שניהם כאחד** למיקום קודם, זהה לסיכוי של שסתום אחד בלבד לכך, שהרי שני הגלגלים מסתובבים יחד ועוברים את אותו מספר סיבובים. במילים אחרות, לדעתם, לא זו בלבד שלא מתקיימת הנחת אי־התלות בין שני השסתומים, שדרושה על מנת שניתן יהיה להכפיל את שתי ההסתברויות, אלא שישנה אפילו תלות גמורה בין הגלגלים.

טענה שנייה שהושמעה היא, שלתת לנהג ליהנות מספק קטן עד כדי 1/144 היא שמרנות בלתי נסבלת, שאפילו בדיני נפשות, במשפטי רצח עם עונשים מקסימליים, אי־אפשר לעמוד בה. והטענה השלישית היא, שכל החישוב פסול משום שהוא היפותטי ואיננו נתמך על־ידי ראיות. ובכן, כנגד החלטת השופט הוצגו בפנינו טענה אחת מתמטית ושתי טענות משפטיות.

נפתח בטענת התלות הראשונה. אכן, אילו היה מדובר בסך הקילומטראז' שצברו הגלגל הקדמי והגלגל האחורי של אותו רכב, ודאי שידיעת המרחק שעבר האחד בין שתי חניות, מאפשרת לגזור את המרחק שעבר השני. אולם כאשר מדובר במספר הסיבובים המדויק של כל גלגל (ולמעשה, בשארית של המספר אחרי חלוקה ל־12), הנחת אי־התלות אכן מתקיימת בפועל. די במהמורות קלות בכביש, או בפנייה, אפילו קלה, ימינה או שמאלה, כדי שגלגל אחד יסתובב קצת יותר מהשני, והתיאום המושלם ביניהם ייפגע. אתם מוזמנים לרשום בימים הקרובים את מיקומם של שסתומי האוויר ברכבכם בכל עצירה, ותיווכחו באי־התלות באופן אמפירי.

באשר לטענת שמרנותו המפליגה של השופט, ניתן להשיב עליה בכך, שעצם הכימות איפשר את חשיפתה. כאשר שופטים ופרקליטים מדברים על קיומו או היעדרו של ספק סביר, בלי לציין סף כלשהו ומבלי לכמת את הספקות, אי־אפשר אפילו לדעת את מידת שמרנותם.

דווקא טענה שלא הועלתה כלל היא המהותית ביותר. ההתמקדות של השופט בחישוב המתמטי הסיטה את תשומת לבו מעובדות ומראיות שלא נכנסו כלל לשיקוליו, למרות שהיו צריכות להילקח בחשבון, וזה בהחלט מדאיג. האזור שבו התרחש סיפור המעשה היה, ככל הנראה, אזור עם מצוקת חנייה (סביר שרק במקומות כאלה מוטלות מגבלות זמן). אם כך, מה שמפליא הוא לא ששסתומי האוויר חזרו למקומם הקודם, אלא שהמכונית **כולה** חזרה למקומה הקודם! הרי בזמן שהנהג עזב את המקום, מכונית אחרת הייתה עשויה לתפוס את המקום. הסיכוי לחזור לאותה משבצת חנייה באזור צפוף איננו ניתן לחישוב מתמטי אפריורי, על אחת כמה וכמה בלי שיהיו בידינו פרטים נוספים ספציפיים למקום ובלי לאסוף על כך נתונים סטטיסטיים. דבר אחד ברור: מכיוון שסיכוי זה קטן מ־100%, אילו הובא בחשבון, הסיכוי שחישב השופט היה קטן מ־1/144, ואולי אף נמוך יותר מהסף שאותו שופט שמרן ראה כסביר.

שאלה נוספת מחלישה את גרסת הנהג: אם אכן הרכב עזב את המקום וחזר אליו – לאן נסע בינתיים? הכיצד לא הוצגו כל ראיות שבעליו נכנסו לחנות מרוחקת באותו זמן, שילמו חשבון במשרד מרוחק, אכלו משהו במזנון מרוחק או פגשו מכר? אמנם אין חובה להציג ראיות כאלה, אולם הצגתן הייתה בהכרח מחזקת את גרסת הנהג, ולכן תמוה שהן לא הוצגו.

מקרה מבחן 2: האפשרות למצוא שני זוגות זהים

הסיפור שלהלן זכה בשעתו לשתי כתבות בשבועון "טיים" והוליד מאמרים רבים בספרות המדעית. הכתבה הראשונה בנושא פורסמה ב־1965, ובה סופר:

אישה מבוגרת הותקפה בסמטה קטנה בסן־פדרו, קליפורניה, וארנקה נחטף. עדי ראייה העידו שראו אישה בלונדינית בעלת זנב סוס נכנסת במרוצה לתוך מכונית צהובה, נהוגה בידי גבר שחור בעל זקן ושפם. המשטרה האשימה בפשע את ז'נט ומלקולם קולינס. איש לא יכול היה ממש לזהותם, אבל הם התאימו לתיאור הפושעים בכמה תכונות בולטות: לז'נט היה זנב סוס בלונדיני, ומלקולם השחור היה בעל שפם וזקן בזמן האירוע. לזוג הייתה מכונית צהובה.

התביעה העלתה לדוכן העדים פרופסור למתמטיקה, כדי לתת עדות מומחה על הסיכויים שזוג הנאשמים זהה לזוג הפושעים שביצעו את העבירה. רק במקרה התביעה הציגה טבלה של אומדנים שמרניים לכאורה על שכיחותן היחסית של התכונות הרלוונטיות:

מכונית צהובה	1 / 10
בחורה בלונדינית	1 / 3
גבר משופם	1 / 4
גבר שחור מזוקן	1 / 10
בחורה עם זנב סוס	1 / 10
זוג מעורב במכונית	1 / 1,000

הסתברויות אלה הוכפלו, והתוצאה שהתקבלה הייתה 1 / 12,000,000. על־פי התביעה, זהו אומדן זהיר להסתברות שזוג מקרי יהיה בעל כל התכונות הללו, ולפיכך, לטענתה, ההסתברות שקיימים **שני** זוגות כאלה היא "בערך אחד לביליון". הקולינסים הורשעו.

הוגש ערעור, וכך תיאר אותו ה"טיים": "בשמיעת ערעורו של מלקולם קולינס על הרשעתו מצא בית־המשפט העליון של קליפורניה פגמים רציניים בהחלטה... ראשית, התביעה לא הביאה ראיות ש'ההסתברויות האינדיווידואליות שהופיעו ברשימה היו מדויקות, אפילו בערך'. יתרה מכך, התביעה לא הראתה שהמרכיבים הינם בלתי תלויים זה בזה, כפי שעליהם להיות כדי לעמוד בתנאי החוק המתמטי... המספר של 1 ל־12 מיליון לא היה אלא 'ניחוש פרוע'... 'שום משוואה מתמטית', הוסיף בית־המשפט, 'לא יכולה להוכיח מעבר לספק סביר שהזוג האשם אכן היה בעל התכונות שתוארו על־ידי העדים, או אפילו שרק זוג אחד בעל תכונות ייחודיות אלה היה באזור לוס אנג'לס בכללותו'".

כדי להסביר את טענותיו צירף שופט הערעור ריימונד סאליבן נספח לפסיקתו, ובו פירט את המתמטיקה הנדרשת לחישוב. "השופט היה מוכן לקבל", כתב ה"טיים", "שאין זה סביר שזוג כמו זה המתואר יהיה קיים... אבל מכיוון שזוג אחד כזה קיים בעליל – שהרי ניתן להצביע על הזוג קולינס – יש נוסחה מתמטית מתאימה בהחלט לחישוב ההסתברות שקיים **עוד זוג כזה**. בהשתמשו בנוסחה הראה השופט, לשביעות רצונו ורצונם של חמישה שופטים נוספים, שיש הסתברות של 41% שלפחות זוג אחד נוסף באזור מתאים לכל התכונות שהוזכרו... 'ללא ספק', אמר סאליבן, 'הושפעו המושבעים מעל ומעבר מההילה האופפת את ההדגמה המתמטית, אבל לא יכלו לעמוד על ערכה או על הרלוונטיות שלה...'

בעריכת החישוב הנכון הסתייע סאליבן בסטודנט למתמטיקה, שלימים נהפך למשפטן חשוב – לורנס טרייב מאוניברסיטת הרווארד

ז'נט קולינס כבר השתחררה (באותה עת) ממאסרה, הפרה את תנאי <<

>> השחרור המוקדם שלה ונמלטה למחוזות לא נודעים. אבל השופט סאליבן סיכם שמלקולם קולינס, שעדיין כלוא, עמד ל'משפט על־ידי מתמטיקה' והינו זכאי להיפוך הרשעתו".

למרבה האירוניה, על אף שבית־המשפט העליון תיקן את רוב ליקויי הערכאה הנמוכה, גם הוא שגה, בעיקר בכך שהניח, ללא כל צידוק או הצדקה, שגודל האוכלוסייה הרלוונטית למציאת זוג כזה הוא 12,000,000. במאמר שכתבתי בעבר בנושא, הסברתי:

"...גודל האוכלוסייה הרלוונטית נופח מאוד. שימו לב שהזוג קולינס חולק עם השודדים תכונה שביעית שלא צוינה על־ידי הפרופסור. אלה גם אלה היו בסאן פדרו ביום השוד. למעשה, הראיות אפילו מיקמו את הקולינסים באזור השוד בסביבות שעת המעשה, מה שמציב גבולות טבעיים לגודל האוכלוסייה הרלוונטית". החישוב הנכון היה נותן סיכוי נמוך מ־41%, ההסתברות שהציע סאליבן להימצאות זוג נוסף בעל אותן תכונות של התוקפים.

מקרה קולינס טיפוסי למקרים אחרים, אמיתיים והיפותטיים, שבהם הסתברויות זעירות התקבלו על־ידי הכפלת מספר הסתברויות בינוניות. הוא טיפוסי בהתנגדות – התמוהה בעיני מתמטיקאי – שמעורר שימוש בהסתברויות "מצוצות מן האצבע" והכפלתן בלי לבדוק את סוגיית אי־התלות (זכרו את מקרה הנהג העקשן), וגם בזיהוי – השגוי על־פי המתמטיקה! – של מכפלת ההסתברויות הללו עם הסיכוי שהנאשם חף מפשע.

מעבר לביקורת על החישוב המתמטי, ישנן עובדות נוספות שאינן קשורות אליו, ואולי דווקא משום כך לא הובאו בחשבון. למשל, לזוג קולינס לא היה אליבי לזמן השוד. למשל, מלקולם חסר הפרוטה שילם דוחות חנייה ישנים בסך כ־35$ (כערך הסכום שהיה בארנק שנגנב) למחרת השוד. עובדה נוספת (שלא יכולה הייתה להילקח בחשבון, משום שאינה קבילה כעדות) היא, שלזוג קולינס היו הרשעות קודמות. למעשה, הם נעצרו לא במקרה, אלא משום שהשוטרים ששמעו את תיאור השודדים, מיד זיהו אותם על סמך התיאור. הספרות שהתייחסה למקרה זה לא טענה שהורשעו חפים מפשע – אלא טענה נגד "הרשעה על־ידי מתמטיקה".

מדוע אין מודלים מתמטיים לאשמה במשפט פלילי?

בספרות אפשר למצוא מקרים נוספים, היפותטיים ואמיתיים, של ניסיון לקבוע אשמה באמצעות חישובים מתמטיים. דומני שדי בשני המקרים שהוצגו כדי להבין את הבעייתיות בהקשר זה. להבנתי, מדובר בשני סוגי קשיים. הראשון הוא טעויות בחישוב, שקורות, משום מה, גם בבעיות הסתברותיות פשוטות למדי, אפילו בקרב מומחים. קושי זה איננו עקרוני, הגם שבפועל הוא אבן נגף רצינית. הקושי השני מהותי יותר, ובינתיים אינני רואה לו פתרון. אפשר גם אפשר, בעזרת תורת ההסתברות, לענות על השאלה שעלתה בשתי הדוגמאות שבחנו: "מה הסיכוי שקבוצה מסוימת של תכונות בלתי תלויות, שנתונה השכיחות היחסית של כל אחת מהן באוכלוסייה, תימצא בשלמותה אצל נדגם מקרי מאותה אוכלוסייה" (שתי תכונות במקרה של הנהג העקשן; שש תכונות במקרה של הזוג קולינס). אולם אי־אפשר לענות על השאלה המרכזית שעומדת במשפט פלילי: "**מה הסיכוי שהנאשם אכן אשם, לאור מכלול הראיות**".

כבר ציינתי בתחילה שבדיקת השערות סטטיסטית איננה נותנת מענה לשאלה: מה ההסתברות לנכונות השערת המחקר, לאור התוצאות? אין זה מקרה. הסתברות זו פשוט אינה ניתנת לחישוב.

החישוב שנערך במקרה הנהג העקשן לא היה ההסתברות שהוא לא חנה למעלה משעה רצופה, אלא ההסתברות שהשסתומים יחזרו לאותן "שעות" למרות שנסע באמצע

יתרה מזו, נדיר שתוצאת משפט תלויה רק בעובדה אחת (ועוד כזו שניתן לחשב את ההסתברות להיותה מקרית), ולא קיימים מודלים מתמטיים כלליים לצירוף ראיות נוספות. גם במדעים מדויקים לא משתמשים בחישוב כדי לענות על השאלה: מה ההסתברות שהתיאוריה הזו נכונה? (שהיא המקבילה לשאלה המרכזית במשפט פלילי). תורת ההסתברות ומודלים מתמטיים אחרים יכולים לעזור בחישובי ביניים, למקד ולהצר אומדנים אינטואיטיביים שונים, אבל לא קיימת עדיין דרך שיטתית לצרף הסתברויות של ראיות מסוגים שונים, גם אם כולם מספריים.

"גם מערכת המשפט וגם המדע עוסקים בבירור עובדות, ושתי השיטות פיתחו הליכים בעלי היגיון דומה להתמודד עם אי־הוודאות השוררת ביחס לאותן עובדות. לאור הדמיון בין ההליכים היה זה אך טבעי שמערכת המשפט תאמץ ותיישם את המודלים הפורמליים של תורת ההסתברות והסטטיסטיקה, שמשמשים את המדע להשגת המטרה. בפועל, הדבר לא קורה"

למרות הנאמר לעיל, ידע מתמטי (בפרט בהסתברות ובסטטיסטיקה) נראה בעיני רצוי ואף חיוני להשכלתם של משפטנים, במיוחד כאלה העוסקים בהערכת ראיות. אני מודעת לתופעת הפחד ממתמטיקה (math phobia), שעלולה להקשות על מלאכתם או הכשרתם של משפטנים מסוימים. ועם זאת, מצאתי קו של דמיון מפתיע ומבטיח דווקא בין מתמטיקאים ובין משפטנים, והוא באופי השיח שלהם.

המשמעות בטקסט או המשמעות בהקשר? לדעת לקרוא בין השורות

השיח המשפטי דומה לשיח המתמטי, ושניהם שונים מהשיח היומיומי (והשיח האמנותי), בכך ששניהם מאוד ליטרליים, מדויקים, ודורשים ש– what you see (hear) is what you get. בשיח המקצועי של שתי הדיסציפלינות יש לקרוא **את** השורות, ולא **בין** השורות. חוזים משפטיים וחוקים משפטיים קשים לקריאה ולהבנה למי שאינו בקיא במוסכמות השפה המשפטית, כמעט כמו שמשפט (במובן של תיאורמה) מתמטי או הוכחתו סתומים למי שאינו בקיא במוסכמות של השפה המתמטית. בשני התחומים נובע הקושי מהשאיפה להיות חד־משמעיים ככל שניתן. כך, השיח המשפטי מתייצב לצד השיח המתמטי, ומנוגד לשיח הרגיל, היומיומי, במחויבות שלו ל־meaning as reference (כלומר, המשמעות של מילה היא מה שהיא מציינת) לעומת meaning as connotation (כלומר, המשמעות של מילה גלומה באסוציאציות שהיא מעוררת), המאפיינת שיח רך יותר. אדגים זאת בשני סיפורים.

חבר טוב שלי ממוצא יקי היה נשוי לאישה ממוצא פולני. יום אחד הם עמדו לחזור לירושלים, עיר מגוריהם, מחיפה, שם ביקרו את האם הפולנייה של אשתו. "באיזה כביש אתם מתכוונים לנסוע?" שאלה האם לפני יציאתם. "אמא, מספיק!" נזעקה האישה, "אמרתי לך אלפי פעמים שיותר אינני עוצרת בתל־אביב אצל א'". חברי, ששמע את השאלה כפשוטה, היה המום מהדיאלוג המשונה הזה, ובמיוחד כשהתברר לו שתגובת אשתו הייתה במקומה. "איך היא ידעה", התפלא, "שאמא שלה רוצה שהיא תעצור לבקר אצל א'?" המשמעות במקרה זה לא הייתה בשורות, אלא במה שביניהן.

ודוגמה נוספת. עד כמה שזה נשמע מפתיע, עובדה היא ששלושה מבין חמשת הנשיאים הראשונים של ארה"ב מתו ב־4 ביולי, יום העצמאות האמריקאי. דומני שמתמטיקאים ומשפטנים יתקשו יותר מאחרים לענות על שתי השאלות הבאות: "**האם הנשיא החמישי הוא אחד מהשלושה שנפטרו ב־4 ביולי?**" "**האם גם הנשיא השישי נפטר ב־4 ביולי?**" גם המתמטיקאי וגם המשפטן ישימו לב לכך שכל אחת משתי התשובות (כן או לא) יכולה להתיישב עם הנאמר, ולכן, מן הסתם, יענו (כשם שנעניתי לא אחת): "איך אפשר לדעת?" אבל מכיוון שמדובר באנקדוטה משעשעת, אפשר לדעת. מי שאוזנו רגישה למשמעות של השיח האנושי (מה שכונה על־ידי הפילוסוף פול גרייס "ההשתמעויות של השיח", conversational implicatures), יודע משהו על מה עושה קוריוז למעניין. חישבו על זה כך: אילו הנשיא החמישי **לא** מת ב־4 ביולי, הייתי ודאי מספרת לכם ש"**שלושה מבין ארבעת** הנשיאים הראשונים של ארה"ב מתו ב־4 ביולי", שכן עובדה זו מפתיעה עוד יותר מקודמתה. מכיוון שלא כך סיפרתי, כנראה שלא יכולתי לספר, ומכאן שהנשיא החמישי כנראה מת ב־4 ביולי. באופן דומה, אילו גם הנשיא השישי היה מת ב־4 ביולי, היה אפשר לספר ש"**ארבעה מבין ששת הנשיאים** הראשונים של ארה"ב מתו ב־4 ביולי", שכן, שוב, עובדה זו מפתיעה עוד יותר מזו המקורית. מכיוון שלא כך סיפרתי, יש להניח שהנשיא השישי לא מת ב־4 ביולי. ואכן, הנשיא החמישי, ג'יימס מונרו, מת ב־4 ביולי, והשישי, ג'ון קוינסי אדאמס, לא (הוא מת ב־23 בפברואר).

בבית־המשפט, מן הסתם, נוקטים משנה זהירות בהסקת מסקנות פרגמטיות שכאלה, ולו רק בגלל שבתחום המשפטי מודעים, אולי יותר מאשר בתחומים אחרים, לכך שאנשים לא תמיד מתבטאים בתום לב, כהנחתו של גרייס, ולפעמים הם מנסים בכוונה לעזור לשומעים לטעות.

כאשר ביל קלינטון הואשם על־ידי פאולה ג'ונס בכך שהזמין אותה לחדרו במלון, ושם הציע לה הצעה מינית מגונה, אומרים שטען להגנתו: "**מעולם לא הייתי לבד במלון עם הגב' ג'ונס**". כידוע, ביל קלינטון איננו מתמטיקאי, אבל הוא בהחלט עורך־דין. שימו לב שטענתו של קלינטון היא אמת ליטרלית, כי **במלון** אכן היו איתם עוד הרבה מאוד אנשים. אך בה בעת הטענה גם מטעה, ובכוונה, כאשר היא ניתנת במענה להאשמתה של פאולה ג'ונס. הרי השאלה איננה אם הם היו לבדם במלון, אלא אם הם היו לבדם **בחדר** במלון. הליך בירור האשמה במשפט פלילי מורכב לאין ערוך ממה שניתן לחשב באמצעות נוסחאות מתמטיות. הוא אף מורכב לאין ערוך מהערכת מכלול ראיות מדעיות, בעיקר משום שמושאי המחקר המדעי (למעט מקרים בהם הניסויים נערכים בבני אדם) אינם מנסים לתמרן את החוקר/השופט, ואילו בהליכים משפטיים כולם בעלי אינטרסים וכולם חשודים בכוונות תמרון. עם זאת, בהליך של בירור העובדות, המשותף למשפט ולמדע, ראוי היה שהמשפטנים יכירו במה שברור זה מכבר למדענים: כימות מספרי – אם וכאשר הוא מתאפשר – איננו אבן נגף, אלא סיוע חשוב. ■

(המאמר מבוסס על הרצאה שנשאה הכותבת בטקס הענקת תעודות למוסמכי משפטים וקרימינולוגיה של האוניברסיטה העברית בירושלים, 2008)

יוסי אברון

040

כאן, שם ובכל מקום

האם רעיון הטלפורטציה הוא המצאה בדיונית של מחברי הסדרה "מסע בין כוכבים", או תהליך פיזיקלי אפשרי? פרופ' יוסי אברון חוזר אל עקרונות תורת הקוונטים כדי להסביר מהי שזירה קוונטית וכיצד ניתן להיעזר בה כדי לעשות טלפורטציה ומחשוב קוונטי >>

"Head On", **Cai Guo-Qiang**, 2008, in courtesy of The Solomon R. Guggenheim Museum
מיצב של האמן הסיני קאי גו צ'יאנג במוזיאון גוגנהיים. ראו טקסט נוסף בעמוד 45

<< **"אף אחד לא מבין את הקוונטים". (אתגר קרת)**

■ ארבע־עשרה שנים עברו, ואני עדיין חייב תשובה לדוד אברם. בשוכבו על ערש דווי לאחר שישים שנות עמל בין מכונות דפוס שהיו לביתו השני, באתי לבקר אותו בבית־החולים איכילוב. כשכבר עמדתי להיפרד אחז דוד אברם בידי ושאל, אם אוכל להסביר לו את תורת הקוונטים. הייתי המום ונאלמתי דום.

צ'ארלס פורט (Charles Fort, 1874–1932), סופר אמריקאי מוכשר וחוקר עצמאי, היה ביקורתי וספקן לגבי הממסד המדעי, ומנגד, התייחס בכובד ראש לכל ידיעה מפוקפקת שהתפרסמה בעיתונות. הוא לא האמין במקריות. כל שמועה על הופעת חוצנים ותופעות ביזאריות אחרות, כמו, למשל, גשם של דגים, נשקלה על־ידיו ברצינות גמורה. את המונח טלפורטציה פורט טבע כדי לתאר היעלמות או הופעה של עצמים יש מאין. במשך שנים רבות טלפורטציה הייתה מושג עלום ולא מוכר מחוץ לקהילה הקטנה של כת הפורטיאנים, חסידיו הנאמנים של פורט. ואז, באמצע שנות השישים, הגיח המושג לקדמת הבמה של המדע הבדיוני עם סדרת הטלוויזיה "מסע בין כוכבים". קפטן קירק, מפקדה הכריזמטי של ספינת החלל "אנטרפרייז", נהג להיכנס בנון־שלנטיות לטלפורטר, מבנה שקוף דמוי צינור אנכי, ובמשפט שהפך אלמותי הורה למהנדס הראשי: Beam me up, Scotty. במערבולת של אור הפך קירק לפרץ אנרגיה, שנעלמה מהטלפורטר ושוחזרה כקפטן קירק במרחק שנות אור בטלפורטר של ספינת החלל שלו.

בערך שלושים שנה מאוחר יותר, בשנת 1993, הופיע בעיתון המדעי "Physical Review Letters" מאמר מקצועי רציני עתיר נוסחאות, חתום על־ידי שישה מחברים: **צ'ארלס בנט, גיל ברסר, קלוד קרפו, ריצ'רד זוסה, אשר פרס** (**הנציג הישראלי, ראו מסגרת**) **וביל ווטרס** – כולם מדענים מן השורה באוניברסיטאות ובמכוני מחקר ידועים. המאמר נשא את הכותרת המסתורית משהו: **"טלפורטציה של מצב קוונטי לא ידוע באמצעות ערוץ קלסי וערוץ אינשטיין־פודולסקי־רוזן"**. ארבע שנים מאוחר יותר, ב־1997, החלו להתפרסם הניסויים הראשונים בטלפורטציה קוונטית. המאמר של בנט וחבריו צוטט מאז אלפי פעמים בספרות המדעית, ויש בכך כדי להעיד על מידת החשיבות המיוחסת למחקר בטלפורטציה. כך, שישים שנה לאחר שנהגתה, הצליחה הטלפורטציה לחצות את המדבר המפריד בין האזוטריה למגדלי השן של האקדמיה, שממילא לא זכתה לאמונו של ממציאה, צ'ארלס פורט.

האם אכן הצליחו המדענים לפרוץ דרך ולהגשים את חלום המדע הבדיוני? האם אנו עומדים בפתחה של מהפכה טכנולוגית חדשה, או שטלפורטציה קוונטית היא לא יותר מגימיק שיווקי שאין לו, מלבד השם, שום דבר משותף כמעט עם הטלפורטציה של קפטן קירק?

טלפורטציה קוונטית, כמו גם הצפנה קוונטית, היא דוגמה לטכנולוגיה קוונטית שהולכת ומתפתחת בעשרים השנה האחרונות. היא מוכרת בשמות כמו מחשוב קוונטי ותורת האינפורמציה הקוונטית, והמחקר בתחום נערך במחלקות לפיזיקה ולמדעי המחשב ובמכוני מחקר ייעודיים, כמו, למשל, מכון המחקר של חברת "מיקרוסופט" באוניברסיטת קליפורניה בסנטה ברברה, שידוע בשם "תחנת Q". עם זאת, הטכנולוגיה של טלפורטציה קוונטית היא עדיין בחיתוליה: עד כה נעשתה טלפורטציה של פוטון בודד, או, לחלופין, של ספין בודד. איננו יודעים עדיין לעשות טלפורטציה קוונטית אפילו למולקולת מים יחידה, שלא לדבר על טלפורטציה של וירוס או של תא חי.

פוטון – אטום של אור. הפוטון הוא חלקיק אנרגטי חסר מסה. הצבע של האור הוא מדד לאנרגיה של הפוטון. פוטון כחול אנרגטי יותר מפוטון אדום.

במאמר זה אנסה להסביר מהי הטלפורטציה הקוונטית (ולא פחות חשוב, מה היא לא), עד כמה היא קרובה לטלפורטציה של "מסע בין כוכבים", ובמה היא שונה ממנה. הסבר זה הוא סוג של מבוא לתורת הקוונטים ולתמונת העולם שמלווה אותה. במיוחד אתעכב על המושג **שזירה קוונטית** (Quantum Entanglement). כי אם הטלפורטר של קירק היה צינור שקוף שהסתחררו בו מערבולות של אור, הרי שהטלפורטר הקוונטי מתבסס על השזירה המסתתרת מאחורי הביטוי הסתום בכותרת המאמר של בנט וחבריו: **"ערוץ אינשטיין־פודולסקי־רוזן"**.

הטלפורטציה עליה חשב צ'ארלס פורט היא אתגר טכנולוגי ענק, אבל מבחינה רעיונית, היא איננה בגדר פלא. כל מה שצריך הוא שכל האינפורמציה המתארת את קפטן קירק תהיה בידי השולח, ושלנמען יגיעו חומרי הגלם הדרושים לשחזור הקפטן, בנוסף לרובוט פלא שיידע להרכיב אותו מחומרי הגלם האלה. למעשה, בעולם קלסי עתיר בחומרי גלם אין צורך בטלפורטציה. אפשר פשוט ליצר עותק נוסף של קפטן קירק. מכשיר פקס הוא סוג של טלפורטר קלסי. לעומת זאת, טלפורטציה קוונטית היא באמת פלא, מכיוון שהאינפורמציה המלאה על מערכת קוונטית **איננה נגישה, ולא יכולה להיות נגישה**, באופן עקרוני ובסיסי. כל ניסיון למדוד מערכת קוונטית ולבדוק את מצבה משנה אותה מיידית. האינפורמציה המלאה על מערכת קוונטית **תמיד** חבויה, וסודה מוגן לעולם.

כדי להבין מהי טלפורטציה קוונטית ומהי שזירה, צריך להקדים ולהסביר את המושג "המצב הקוונטי" – מושג מופשט, חמקמק וקשה לתיאור שלא באמצעות משוואות מתמטיות. וכדי להסביר מהו המצב הקוונטי, יש להקדים ולהסביר מהי מכניקה קוונטית (הקורא המודאג מכך שזו הולכת להיות שרשרת ארוכה בסגנון חד גדיא של הא בהא תליא, יכול להירגע. השרשרת מסתיימת כאן).

מכניקת הקוונטים ועקרון אי־הוודאות

יסודות תורת הקוונטים הונחו בראשית המאה העשרים, מתוך הצורך להבין את מבנה האטום ואת הפליטה והבליעה של פוטונים בחומר. במהלך מאה השנים האחרונות התורה השתכללה, התפתחה והתרחבה, וחשוב מכול – עמדה באלפי מבחנים ניסיוניים. התורה הקוונטית נותנת תיאור מדויק של הטבע, החל בסקלות הקטנות ביותר של הקווארקים ועולם החלקיקים היסודיים ועד הסקלות העצומות של כוכבים וקוסמולוגיה. כל הידע שלנו בנושאים כמו מבנה האטום, מבנה גרעין האטום, כיצד השמש מאירה ואיך נוצרים חורים שחורים – מושתת על תורת הקוונטים. רוב הפיזיקאים מאמינים, שמקומה של התורה הקוונטית כאחת מאבני היסוד של הפיזיקה מובטח.

המדענים נוטים ברובם להשאיר שאלות של משמעות לפילוסופים. מדעני הקוונטים אינם שונים בכך. חלקם הגדול מסתייג משאלות פילוסופיות כמו תפיסת המציאות וכדומה. עם זאת, התורה הקוונטית מתייחדת בכך, שבין אלה שבוחנים אותה מזווית פילוסופית, יש אי־הסכמות קיצוניות. אשר פרס ביטא זאת בכותרת של אחד ממאמריו, שנקרא: **"מכניקה קוונטית אינה זקוקה לפירושים"**. היעדר תמונת עולם מוסכמת וברורה הביא לכך שאינשטיין, אחד מאבותיה של התורה (את פרס נובל הוא קיבל על זיהוי הפוטון כחלקיק קוונטי), תיאר אותה כחשבונאות של מאגיה שחורה. באופן מפתיע, אין לכך ביטוי בפרקטיקה של התיאוריה, והתחזיות שלה אינן נתונות לוויכוח.

מכניקת הקוונטים איננה רק מדע טהור. היא משולבת בהרבה מהמהפכות הטכנולוגיות של המאה העשרים: בטרנזיסטור, בלייזר, בהדמיה רפואית, בפצצות האטום והמימן ובמערכת הניווט הלווייני (GPS). האחרונה מדגימה את השימושיות של התורה הקוונטית בחיי היומיום, את הדיוק הפנטסטי שלה ואת עמידותה במבחן תובעני, ואני עומד לעשות בה שימוש כדי להסביר את מה שנצטרך לדעת על מכניקה קוונטית.

הלב הפועם של מערכת הניווט הלווייני הוא שעונים אטומיים; שעון בכל אחד מעשרות לווייני מערכת הניווט. השעונים מדויקים מאוד ומתואמים להפליא. אי־אפשר להשיג דיוק כזה בשעון הקוורץ שעל פרק־היד שלי, מכיוון שגבישי הקוורץ שממלאים את תפקיד המטוטלת של שעון הקיר, לעולם אינם זהים ברמה המיקרוסקופית. לכן, עד כמה שיקפידו בבנייה שלהם, אין לשני שעוני קוורץ מתנֲדים זהים. בשעון אטומי, לעומת זאת, אטום של צסיום ממלא את תפקיד המטוטלת. שני אטומי צסיום הם זהים לחלוטין, ולכן ניתן לתאם כל שני שעונים אטומים בדיוק. מדידת הזמן בשעון אטומי הפכה כל־כך מדויקת, שמשנת 1967 השנייה מוגדרת בעזרת השעון האטומי. ליתר דיוק, השנייה היא 9,192,631,770 מחזורים של קרינה, הנפלטת מאיזוטופ 133 של אטום צסיום במעבר בין שתי רמות קוונטיות. דיוק, יחד עם שימושים הנדסיים פורצי דרך, הם סממנים של טכנולוגיה מתפתחת המושתתת על התורה הקוונטית.

הדיוק של השעון האטומי מרשים. הוא גם מפתיע, משום שהעולם הקוונטי אינו עולם דטרמיניסטי. למען האמת, **אובדן הדטרמיניזם הוא נגזרת של הדיוק**. כך, למשל, הדיוק בתדירות הקרינה מתבטא בחדות הצבע של האור הנפלט. ככל שצבע האור חד יותר ונקי יותר, יש פחות ופחות מידע על הזמן שבו התרחשה פליטת הפוטון. זהו ביטוי לעקרון אי־הוודאות של **ורנר הייזנברג** (Werner Heisenberg, 1976–1901) ששולט בעולם הקוונטי ביד רמה. ידע מדויק על תכונה אחת – צבע האור במקרה זה – גובה מחיר באי־ודאות לגבי תכונה אחרת – זמן הפליטה. צבע וזמן הם שתי תכונות משלימות, ועקרון אי־הוודאות קובע, שאי־אפשר לקבוע בדיוק מוחלט שתי תכונות כאלה למערכת אחת בזמן נתון. אוסף כל התכונות שניתן ליחס למערכת כולל מספר רב של תכונות משלימות שכפופות לעקרון אי־הוודאות, ולכן אי־אפשר לקבוע את מכלול התכונות של עצם קוונטי בדיוק מוחלט.

המכניקה הקוונטית, לפיכך, מספקת תיאור סטטיסטי, שהתכונות השונות מופיעות בו כמשתנים אקראיים. למשל, זמן פליטת הקרינה של אטום הצסיום מציית לחוק סטטיסטי שחורץ את זמן מחצית החיים: פרק הזמן הדרוש לחצי ממספר האטומים בצבר גדול לפלוט פוטון. התורה הקוונטית יודעת לקבוע את זמן מחצית החיים בדיוק, אבל אינה יודעת לענות על השאלה, מתי אטום מסוים יפלוט פוטון. <<

"שישים שנה לאחר שנהגתה, הצליחה הטלפורטציה לחצות את המדבר המפריד בין האזוטריה למגדלי השן של האקדמיה. עם זאת, הטכנולוגיה של טלפורטציה קוונטית היא עדיין בחיתוליה: טלפורטציה של פוטון בודד, או, לחלופין, של ספין בודד. איננו יודעים עדיין לעשות טלפורטציה קוונטית אפילו למולקולת מים יחידה, שלא לדבר על טלפורטציה של וירוס או של תא חי"

היא גם לא קובעת מי מחליט מתי האטום יפלוט את הפוטון. התהליך הוא אקראי ואינו תלוי במידת ההקפדה שלנו על חזרה מדויקת של הניסוי.

המצב הקוונטי מתאר את כל האינפורמציה הסטטיסטית ואת כל מה שאפשר לדעת על מערכת קוונטית, בכפוף לעקרון אי־הוודאות. המצב הקוונטי המתאר את הקרינה הנפלטת מאטום צסיום, קובע גם את התדירות – כלומר, את צבע האור – וגם את זמן מחצית החיים. ככל שזמן מחצית החיים ארוך יותר, הצבע הנפלט חד יותר ונקי יותר. בשעון אטומי זמן מחצית החיים ארוך מאוד, ולכן הצבע מוגדר היטב, כך שהתוצאה היא תדירות קרינה מדויקת מאוד, ולכן גם שעון מדויק. דיוק אינסופי אינו אפשרי, מכיוון שזמן מחצית החיים גם הוא יהיה אינסופי; האטום לא ידעך לעולם, והקרינה לעולם לא תיפלט ממנו. עקרון אי־הוודאות הוא נשמת אפה של התורה הקוונטית.

לפוטון יש תכונה נוספת המתוארת על־ידי המצב הקוונטי, שהיא בעלת חשיבות מיוחדת בתורת האינפורמציה הקוונטית. זו תכונת **הקיטוב** (Polarization). העין האנושית רגישה לקשת צבעי האור בין האדום לכחול, אבל, לצערנו, היא אינה מבחינה בין סוגי הקיטוב של האור. לשם כך אנו זקוקים למשקפי פולרואיד, שמעבירים סוג קיטוב אחד בלבד, ולכן רק חצי מכמות האור. מכיוון שהקיטוב הוא תכונה נפרדת מצבע הפוטון, משקפי פולרואיד אינם צובעים את התמונה, ובכך יתרונם. בסרטי תלת מימד מוקרנות על המסך שתי תמונות שצולמו משתי זוויות, כפי ששתי העיניים היו רואות את האובייקט. אם נקרין את שתי התמונות באור מקוטב, האחת בקיטוב ימני והאחרת בקיטוב שמאלי, צופה שמרכיב משקפיים מתאימים יראה את התמונה המתאימה בעין המתאימה ויקבל את התחושה של תלת־ממד. תכונת הקיטוב היא דוגמה לסיבית קוונטית (qubit), שהיא יחידת אינפורמציה במכניקה קוונטית.

תכונה של הפוטון. הפוטון מאופיין, בנוסף לצבעו, גם על־ידי תכונת הקיטוב שלו. פוטון בקיטוב מעגלי ימני נושא קוונט של תנע זוויתי בכיוון התנועה שלו, ובקיטוב שמאלי התנע הזוויתי מנוגד לכיוון התנועה.

כל המידע על מערכת קוונטית, תהא זו אטום או פוטון, מבוטא במצב הקוונטי שלה. בשפה של מדעי המחשב ניתן לומר, ש**החלקיק הקוונטי – למשל, אטום הצסיום או, לחלופין, הפוטון – הוא אנלוג של החומרה, והמצב הקוונטי (המבוטא, למשל, בקיטוב שלו) הוא אנלוג של התוכנה**. המצבים הקוונטיים קובעים את כל מה שאפשר לדעת על מערכת קוונטית נתונה, ולכן אין שום דרך להבחין בין שני אטומים של אותו יסוד, ש"תוכנתו" להיות באותו מצב קוונטי, גם אם לאחד יש היסטוריה אחרת – למשל, הוא בא מאנדרומדה. ברגע שהמצב הקוונטי שלו "תוכנת" למצב מסוים, כל ההיסטוריה שלו נמחקה ואין שום דרך לשחזר אותה.

טלפורטציה קוונטית **איננה** טלפורטציה של החומרה, של החלקיק הקוונטי – פוטון או אטום. בטלפורטציה קוונטית כל האטומים (או, לחלופין, הפוטונים) נשארים במקומם. מי שעובר טלפורטציה הוא **המצב הקוונטי**, התוכנה בלבד. טלפורטציה קוונטית לא תוכל להחזיר את קפטן קירק לספינת החלל שלו, מכיוון שהחומרה (האטומים מהם מורכב הקפטן) נמצאת במקום הלא נכון. באנלוגיה למשלוח פקס, טלפורטציה קוונטית היא מַעבר של אינפורמציה, ולא של חומר. אבל, בעוד שבפקס האינפורמציה משוכפלת והיא נמצאת גם בידי השולח וגם בידי המקבל, בטלפורטציה קוונטית לא נוצר עותק, כפי שלא נוצרו עותקים של קפטן קירק. אי־אפשר לשכפל מצבים קוונטיים. אם נמשיך את האנלוגיה שלנו, טלפורטציה היא מכשיר פקס שגורס את המסמך המקורי בשעה שהוא שולח עותק שלו ליעדו.

כשהופיע המאמר המפורסם על טלפורטציה שאל עיתונאי את אשר פרס: ובכן, טוב ויפה, הפיזיקאים יודעים לעשות טלפורטציה של החומר. מתי תדעו לעשות טלפורטציה של הנשמה? על כך השיב פרס: נהפוך הוא, אנו יודעים לעשות טלפורטציה רק לנשמה, ולא לחומר. במשל זה המצב הקוונטי הוא הנשמה, ולא החומר.

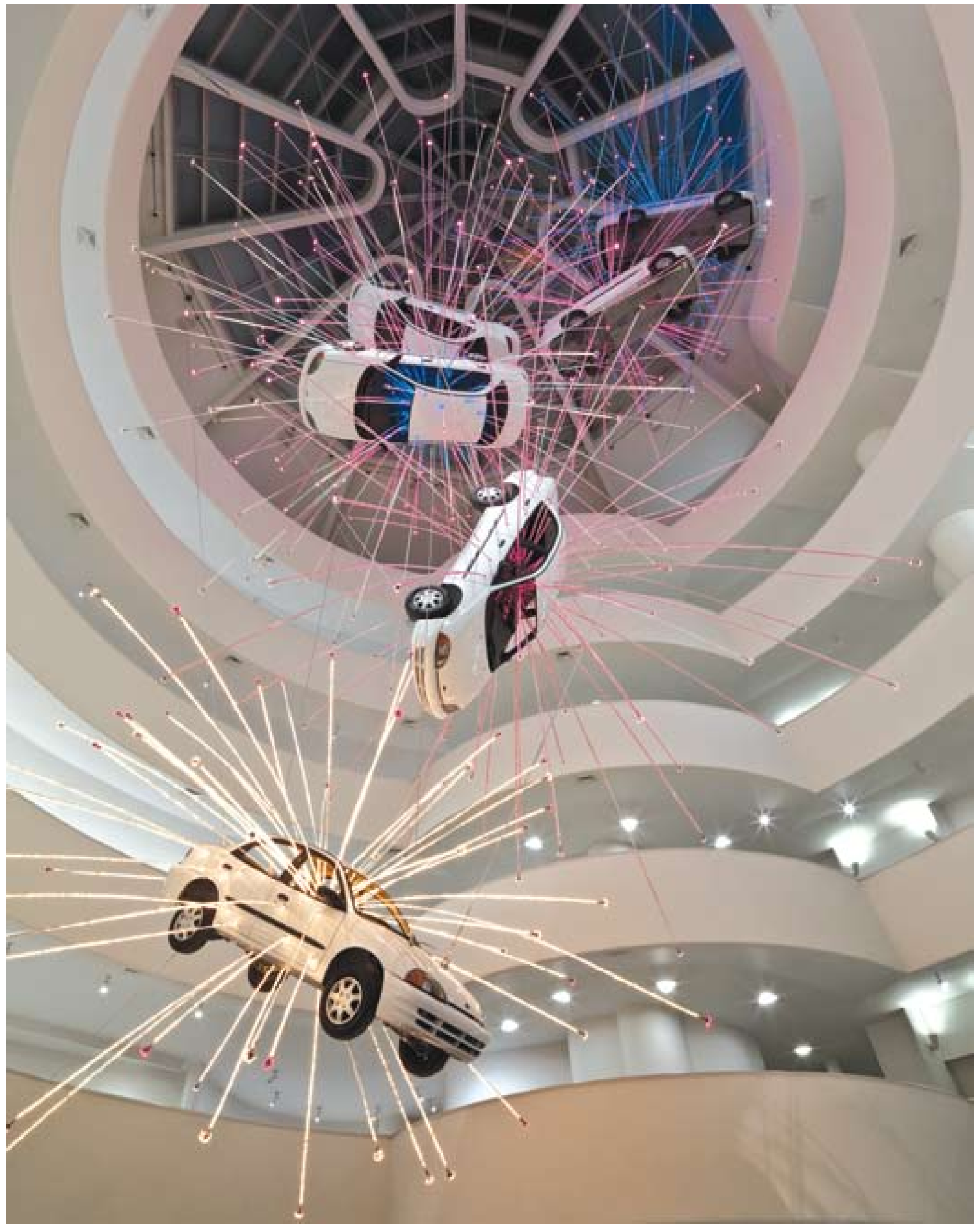
המצב הקוונטי מתאר את מה שאפשר לדעת בכפוף לעקרון אי־הוודאות, ומדובר בהכרח בתיאור סטטיסטי. האם המצב הקוונטי הוא תיאור של המציאות, או, לחלופין, תיאור של מה שהפיזיקאי יודע על המציאות? האם יש מישהו, אלוהים למשל, שיודע יותר? בדרך־כלל תיאור סטטיסטי אינו מייצג מציאות, אלא את הידע של הסטטיסטיקאי, שהוא, כמובן, סובייקטיבי. שני סטטיסטיקאים שכל אחד מהם חשוף למידע אחר על אותה מציאות, ייתנו תיאורים סטטיסטיים שונים. בתורה הקוונטית, לעומת זאת, המצב הקוונטי **מתאר את המציאות**, והתיאור הסטטיסטי אינו תוצאה של חוסר ידע על המערכת, אלא מבטא את העובדה, שלא כל תכונה שניתן למדוד במערכת קוונטית, הייתה טבועה במערכת לפני המדידה. המדידה חורצת את התכונה הנמדדת.

המדידה היא הקובעת

המצב הקוונטי מוביל לתובנה קשה לעיכול על הקשר בין המציאות לבין ביטוייה במדידה. הפיזיקה הקלסית מניחה שניתן לבצע מדידות אידיאליות, שחושפות את כל התכונות הפיזיקליות בדיוק מוחלט. כך, למשל, אנו מאמינים כי מדידות אסטרונומיות של מסלולי כוכבים לא הסיטו אף כוכב ממסלולו. לעומת זאת, בעולם הקוונטי המערכת כה עדינה, שכל מדידה מהווה התערבות גסה במערכת.

אילו מדידות היו חושפות מציאות קיימת (כמו בתיאור קלסי רגיל), המצב הקוונטי לא היה תיאור מלא של המציאות, אלא תיאור של

האמן הסיני קאי גו צ'יאנג חוקר ועובד עם מגוון רחב של סימבולים, נרטיבים וחומרים. מפנג־שווי ורפואה סינית, דרך דרקונים, רכבות הרים, חיות בר, ועד מחשבים, זיקוקין ואבק שריפה. הרבה מעבודותיו משקפות תוכן סוציאליסטי–מאואיסטי. המיצבים שלו מרשימים בגודלם, במורכבותם ובאפקט שהם משרים על הצופה.
שתיים מעבודותיו המוצגות כאן לקוחות מתערוכות במוזיאון גוגנהיים בניו־יורק, מיצג הבנוי מ־99 בובות דמויות זאבים בגודל טבעי, המסמנות מסלול תנופה וריחוף של החיה עד שהיא מתנגשת בקיר זכוכית.
המיצב השני כולל מכוניות התלויות בכיוונים שונים בחלל המוזיאון ומתוכן יוצאים זיקוקין, התחושה היא של הקפאת תהליך נפילה של מכונית בכמה שלבים.



מה שהפיזיקאי יודע עליה. מכיוון שהמצב הקוונטי הוא תיאור מלא של המציאות, **מדידות אינן חושפות תכונות קיימות, אלא חורצות אותן**. אין למערכת קוונטית תכונות היפותטיות. התכונות שבחרנו למדוד, הן התכונות שיתקיימו לאחר המדידה. אילו בחרנו למדוד תכונות אחרות, למערכת היו תכונות אחרות, ולא ניתן מכך להסיק אילו תכונות היו לה לפני המדידה.

כך, למשל, פוטון שעבר דרך משקפי פולרואיד, יעבור בוודאות דרך זוג נוסף של משקפי פולרואיד. שני זוגות של משקפי פולרואיד אינם כהים יותר מזוג יחיד. עם זאת, אם נסובב את זוג המשקפיים השני ב־45 מעלות, הכהות תוכפל. לא ניתן לחזות אם פוטון מסוים שעבר את זוג המשקפיים הראשון, יעבור דרך השני. ניתן רק לומר שחצי מהפוטונים יעברו, ואלה שיעברו, יהיו בעלי קיטוב אלכסוני. המדידות חורצות את תכונת הקיטוב, ולא חושפות קיטוב קיים.

האם המצב הקוונטי אכן נותן תיאור מלא של המציאות, או שאולי חבויה במערכת אינפורמציה נסתרת, והיא זו שקובעת עבור כל פוטון את גורלו? בשנת 1982 ערכו **אלן אספה** (Alain Aspect, זוכה פרס וולף לשנת 2010) ושותפיו סדרה של ניסויים על חלקיקים קוונטיים שזורים, שהראו שאין אינפורמציה נסתרת מעבר לזו הגלומה במצב הקוונטי.

>>

מהי שזירה קוונטית?

"The Road Not Taken", שירו של המשורר האמריקאי **רוברט פרוסט**, מתאר את הקושי והתסכול בהכרח לבחור. הבית האחרון (בתרגום שלקוח מהוויקיפדיה) הוא:

"עוד אחזור לספר זאת אולי אף בצער
בימים רחוקים רחוקים מעתה:
שני שבילים התפצלו בעובי היער,
בפחות שהלכו בו בחרתי כנער
ואת כל ההבדל זה עשה".

הדילמה של פרוסט, חופש הבחירה והצורך לבחור, אינה בעיה במצבים קוונטיים. כאשר מצב קוונטי מגיע לפיצול בדרך, הוא נוהג כיוגי ברה שנהג לומר: **לכשתגיע לפיצול, קח אותו.** הוא בוחר שלא לבחור ומתפצל לשתי הדרכים בו־זמנית. מכניקה קוונטית אינה עושה בחירות. למרות זאת, התסכול נשאר: לא לבחור אינו בחירה באו ואו (וגם לא בחירה בגם וגם), אלא בחירה אחרת, בחירה מסוג חדש. תופעת השזירה הקוונטית היא ביטוי לחופש של מספר חלקיקים קוונטיים לא לבחור. לפני שנתאר את החופש שלא לבחור של שני חלקיקים, מן הראוי להכיר קודם את התוצאות המפתיעות של החופש שלא לבחור שיש לחלקיק קוונטי יחיד.

הלא הוא לורנס פטר ברה, אחד משחקני הבייסבול הטובים בהיסטוריה האמריקאית. מעבר לקריירה המפוארת שלו כשחקן וכמאמן (ובעיקר כתופס בשורות היאנקיז), יוגי ברה נודע בזכות אמרותיו המקוריות ושיבושי הלשון שלו, הנודעים בשם "יוגיאיזם".

טבעות הצבע המרהיבות שנראות לעתים בקרומי סבון דקים או בבועות סבון הן עדות לכך, שפוטון יחיד אינו בוחר מסלול. בפני כל פוטון עומדת הבחירה, האם להיות מוחזר מהמשטח העליון של קרום הסבון או מהמשטח התחתון. הפוטון אינו בוחר, והמצב הקוונטי שלו מתפצל לשתי הדרכים סימולטנית. טבעות הצבע הן הביטוי של הבחירה שלא לבחור. אם נחסום את אחת הדרכים – כלומר, כשיש משטח החזרה אחד – הצבעים ייעלמו.

התופעה הזו נקראת **התאבכות קוונטית**, והיא קרובת משפחה של התופעה הקלסית של התאבכות, כמו, למשל, התאבכות אדוות במאגר מים שיש בו שובר גלים. הגל אינו בוחר אם להקיף את שובר הגלים מימין או משמאל, והוא מתפצל לשתי הדרכים. בנקודות מסוימות הגלים שמגיעים משני כיוונים לעבר השובר יחזקו זה את זה, ובנקודות אחרות הם יבטלו זה את זה. כאשר הגלים מחזקים זה את זה ההתאבכות נקראת **בונה**, וכאשר הם מבטלים זה את זה – **הורסת**. בחירה ב"או או" עומדת בסתירה להתאבכות בונה, ובחירה ב"גם וגם" – בסתירה להתאבכות הורסת. החופש שלא לבחור יוצר תופעה חדשה.

תופעת ההתאבכות של פוטונים מלמדת, שהמצב הקוונטי מתפשט כפי שגל מתפשט. מכאן נובע גם, שהתורה הקוונטית מתארת סוג חדש של חשבון בתורת ההסתברות: בתורת ההסתברות הרגילה, אם מאורע מסוים יכול לקרות בשתי דרכים, ההסתברות היא סכום ההסתברויות של כל אחת מהדרכים, ואף פעם לא ההפרש ביניהן. כך, למשל, ההסתברות ששתי הטלות מטבע ייתנו עץ ופלי, היא סכום ההסתברויות שההטלה הראשונה תיתן עץ והשנייה פלי, וההסתברות למאורע בסדר ההפוך. ואילו על־פי תופעת ההתאבכות, סכום של מצבים קוונטיים יכול להתאפס. המצב הקוונטי, לכן, הוא גודל שאינו בהכרח חיובי, ולכן אינו הסתברות במובן הרגיל של המילה, על אף שניתן לחשב ממנו הסתברות.

שזירה קוונטית מתארת סוג של התאבכות בזוג חלקיקים קוונטיים. המצב הקוונטי של פוטון יחיד מתואר על־ידי צבעו ועל־ידי הקיטוב שלו. מצב פשוט (לא שזור) של שני פוטונים הוא מצב בו שני הפוטונים, הכחול והאדום, מקוטבים אופקית. מצב פשוט אחר הוא קיטוב אנכי של השניים. מצב שזור של שני הפוטונים מתאר פיצול אישיות של זוג הפוטונים, שסירבו לבחור בין שני המצבים הפשוטים הללו **ובחרו בשניהם כאחד**.

הדרך הפשוטה לתאר מצב שזור של שני פוטונים היא לבחון את הדרך בה יוצרים זוג כזה במעבדה. ניתן לדמות מערכת קוונטית, אטום למשל, לבית רב־קומות שמאכלס אלקטרונים. כאשר אלקטרון יורד מקומה גבוהה לקומה נמוכה, נפלט פוטון שנושא את האנרגיה שהשתחררה בירידה. אלקטרון שיורד מקומה שלישית לקומה ראשונה דרך הקומה השנייה, יגרום לפליטה של שני פוטונים: הפוטון הראשון ייפלט במעבר מהקומה השלישית לקומה השנייה, והפוטון השני במעבר מהקומה השנייה לקומה הראשונה. אם הקומה הראשונה גבוהה והקומה השנייה נמוכה, לשני הפוטונים יהיו אנרגיות שונות, וזה יתבטא בצבעים שונים. הפוטון הראשון יהיה, למשל, אדום והשני כחול.

מצב שזור נוצר כאשר לאלקטרון יש שתי דרכים שונות לרדת בין הקומות – לבית, בדוגמה שלנו, יש שני גרמי מדרגות. בגרם מדרגות אחד יש חלונות פולרואיד, שמאפשרים רק לפוטונים מקוטבים אופקית להיפלט, ובגרם המדרגות השני יש חלונות שמאפשרים רק לפוטונים מקוטבים אנכית להיפלט. אם גרם המדרגות לקיטוב האופקי סגור, שני הפוטונים שייפלטו, אחד אדום ואחד כחול, יהיו מקוטבים אנכית. ואם גרם המדרגות השני יהיה סגור, שני הפוטונים יהיו מקוטבים אופקית. כאשר שני גרמי המדרגות פתוחים, האלקטרון אינו בוחר, אלא יורד בשתי הדרכים כאחת. במקרה זה עדיין נפלטים שני פוטונים, אחד אדום ואחד כחול, אבל עם פיצול אישיות בקיטוב: הפוטון האדום אינו יודע להחליט מה הקיטוב שלו,

מכיוון שהוא נוצר במעבר בשני גרמי המדרגות, וכל גרם מדרגות קבע קיטוב אחר. כך גם לגבי הקיטוב הכחול.

השזירה באה לידי ביטוי **בקשר שבין שני הפוטונים**: מדידת הקיטוב של הפוטון האדום חורצת את הקיטוב של הפוטון הכחול. ניתן לתאר זאת כך: מדידת הקיטוב של אחד הפוטונים חשפה בדיעבד את הדרך שנבחרה בזמן הדעיכה, ולכן לפוטון הכחול אין ברירה אלא להתיישר לפי הבחירה של הפוטון האדום. את הבחירה בגרם המדרגות ניתן לוודא בכניסה אליו בקומה השלישית, או ביציאה ממנו בקומה הראשונה. מה שמייחד את התופעה הקוונטית הוא שלא מדובר בפוטון אחד שירד שתי קומות, אלא בשני פוטונים, שאחד מהם ירד מקומה שלישית והשני מקומה שנייה. אם אחד מהם בחר, מי שלל את חופש הבחירה של הפוטון האחר? אינשטיין קרא בתיעוב לתופעות שבהן מדידת חלק אחד של מערכת מורכבת חורצת את התכונות של חלק אחר (שעשוי להימצא בצידו השני של היקום, ואולי הוא אף חלק קדום יותר): Spooky Action at a Distance.

משזירה לטלפורטציה קוונטית

השזירה היא תכונה עדינה שקל לשגות בהבנתה, ולא מעטים עשו זאת. לדוגמה, יש המאמינים שמצב שזור מאפשר תקשורת במהירות הגבוהה ממהירות האור: אם הפוטון הכחול כאן והפוטון האדום באנדרומדה, מדידת הקיטוב כאן חורצת מיד את הקיטוב באנדרומדה, ומן הסתם ניתן לנצל את התופעה הזו לתקשורת מהירה ממהירות האור. אילו כך היה הדבר, המכניקה הקוונטית הייתה באמת בצרות. אינשטיין לימד אותנו שהסיבתיות מעוגנת בכך, שאי־אפשר להעביר אינפורמציה במהירות הגבוהה ממהירות האור. אילו אפשר היה לתקשר במהירות העולה על מהירות האור, אפשר היה גם להשפיע על העבר. הסדר הזמני, לפיו התוצאה באה בעקבות הסיבה, היה הולך לאיבוד, וחיפוש חוקיות בטבע היה הופך חסר תכלית. למזלנו, השזירה הקוונטית לא מאפשרת תקשורת מהירה יותר ממהירות האור ולא תסייע, לפיכך, למחפשי תיקון למיניהם לחזור ולתקן את העבר.

אין באמת שום העברת אינפורמציה לאנדרומדה, כאשר הקיטוב של הפוטון הכחול נמדד בכדור הארץ. מי שהעמיד אותי על טעותי בנידון היה **נתן רוזן** (ראו מסגרת), אבל את ההסבר היבש שלו אמיר בהסבר חינני של הפיזיקאי **ג'ון בל** (John Bell): ברטלסמן הוא פיזיקאי שתמיד גורב גרביים בצבעים משלימים. אם גרב ימין אדום, גרב שמאל כחול; ואם גרב ימין צהוב, גרב שמאל ירוק. אין שום דרך לדעת מה צבע הגרב שברטלסמן גרב על רגל ימין, אבל מרגע שהפשיל את המכנס הימני, ברור גם הצבע של הגרב ברגל שמאל. אין העברת אינפורמציה מיידית בין הרגליים. אם רגל אחת של ברטלסמן ניצבת על כדור הארץ והשנייה באנדרומדה, על כדור הארץ ידוע הכול ובאנדרומדה לא ידוע כלום. אינפורמציה תגיע לאנדרומדה רק באמצעות שיחת טלפון מכדור הארץ, שתדווח על תוצאות ההצצה מתחת למכנסיו של ברטלסמן. הטלפון שידווח על תוצאת המדידה מכדור הארץ, יגיע לאנדרומדה רק בעוד 2.5 מיליון שנים.

בעוד שבסיפור על ברטלסמן יש מציאות מוגדרת והפשלת המכנס רק חשפה אותה, במצב השזור מדידת הקיטוב לא חשפה מציאות קיימת, אלא חרצה מציאות חדשה. דרך אחרת להגיד זאת היא, שבסיפור על ברטלסמן אי־הוודאות נובעת מהיעדר אינפורמציה על בחירתו של ברטלסמן בבוקר, אבל ברור לכול שהוא אכן בחר במשהו. בפוטונים השזורים לא נעשתה בחירה, ושני תהליכים קרו בד בבד.

הקשר הישראלי

אשר פרס (2005–1934): מכותבי המאמר הראשון על טלפורטציה ואחד החלוצים של תורת האינפורמציה הקוונטית. פרס שימש כפרופסור לפיזיקה בטכניון ונשא בדרגה אישית מיוחדת של פרופסור מחקר, ששיקפה את מעמדו. הוא היה אתיאיסט מוצהר, מדען עמוק, ביקורתי וקפדן, שלא ביקש לשאת חן ולא ירא מסמכות. בקהילת הפיזיקאים הוא נודע כבעל לשון שנונה, ומטבעות הלשון שלו, כמו "לניסיונות שלא נעשו אין תוצאות", הפכו לנכס צאן ברזל.

נתן רוזן (1995–1909): ייסד את הפקולטה לפיזיקה בטכניון. כאסיסטנט של אלברט אינשטיין במכון ללימודים מתקדמים בפרינסטון, כתב יחד עם בוריס פודולסקי מאמר שכותרתו: "האם ניתן להתייחס לתיאור של הטבע שנותנת המכניקה הקוונטית כתיאור שלם?" מאמר זה ידוע גם בשם "הפרדוקס של EPR", כששלוש האותיות הן ראשי התיבות של שמות המחברים (המחברים לא השתמשו במילה "פרדוקס" בשום מקום במאמרם). המאמר היה ניסיון מחשבתי, שחשף לראשונה את היכולות המפתיעות הגלומות בתופעת השזירה הקוונטית. רוזן היה חבר האקדמיה הישראלית למדעים ומורו של אשר פרס.

במבט ראשון, ההבדל בין בחירה אקראית באחת משתי דרכים לבין הבחירה ללכת בשתיהן נשמע כהבדל של פירוש בדיעבד, שחף מכל משמעות אופרטיבית. לאמיתו של דבר, ההבדל הוא משמעותי: אי־אפשר לעשות טלפורטציה עם הגרביים של ברטלסמן.

הטלפורטציה הפשוטה ביותר מערבת שלוש מערכות קוונטיות זהות פיזיקלית – למשל, שלושה פוטונים באותו צבע. המצב הקוונטי מתאר את אפשרויות הקיטוב השונות של שלושת הפוטונים. נקרא לפוטון אחד בשם קירק, והוא זה שאנו רוצים לעשות לו טלפורטציה. לשני הפוטונים הנותרים נקרא טלפורטרים. טלפורטר אחד נמצא יחד עם קירק במעבדת המהנדס השולח. הטלפורטר השני נמצא הרחק משם, בחללית, אצל שוליית המהנדס. שני הטלפורטרים שזורים. הטלפורטציה מתרחשת כאשר המהנדס הראשי מודד את השזירה של קירק והטלפורטר שלתוכו הוא נכנס. למדידה זו יש מספר תוצאות אפשריות, שמבטאות אפשרויות שונות של מצבים שזורים בין קירק לבין הטלפורטר, אבל בכל מקרה, המדידה משמידה את קירק במעבדה. ברגע שהמהנדס הראשי יודיע בשיחת טלפון לשוליה שלו בחללית איזו תוצאה הוא קיבל, השוליה יידע איזו פעולה עליו לבצע על הטלפורטר השני, שנמצא אצלו בחללית, כך שזה יהפוך להיות קירק.

כל זמן שהשוליה לא קיבל את הטלפון המיוחל מהמהנדס הראשי, הוא לא יידע מאומה על המצב הקוונטי של הטלפורטר שלו, על אף שזה נמצא אצלו בחללית. לאחר מדידת השזירה המהנדס הראשי יודע מה המצב הקוונטי של שני הפוטונים שברשותו, אלה שקראנו להם קירק וטלפורטר מס׳ 1. הוא גם יודע את המצב הקוונטי של הפוטון שנמצא אצל השוליה בחללית. למהנדס יש את מלוא האינפורמציה על המערכת, אבל רק לאחר שהוא יחלוק עם השוליה את המידע על תוצאת המדידה שערך, גם השוליה יידע כל מה שמכניקה קוונטית מאפשרת לדעת על המערכת המשותפת – שלושת הפוטונים שיוצגו על־ידי קירק ושני הטלפורטרים.

הטלפורטציה הקוונטית, לכן, שונה מהטלפורטציה של צ׳ארלס פורט. היא איננה טלפורטציה של חומרה, אלא של תוכנה בלבד. היא טלפורטציה של אינפורמציה על מצב קוונטי, ולא טלפורטציה של נשא האינפורמציה.

פורט טבע, כאמור, את מונח הטלפורטציה לתיאור היעלמות והופעה מיידית, ולא היה מוטרד משאלות של סיבתיות. הטלפורטציה הקוונטית, לעומת זאת, מצייתת לעקרונות הסיבתיות: כל זמן שהשוליה לא קיבל את שיחת הטלפון מהמהנדס, אין לו שום מושג באיזה מצב נמצאת המערכת הקוונטית שלו. המדידה על חלק של מערכת שזורה לא מעבירה כשלעצמה אינפורמציה. הטלפון הוא, במקרה זה, מי שמעביר את האינפורמציה.

האתגר של מכניקה קוונטית היום הוא פיתוח טכנולוגיות שיאפשרו שליטה מלאה יותר בעולם הקוונטי. גם בתוכנה – המצבים הקוונטיים, וגם בחומרה – הנשאים הפיזיקליים שלהם. את החומרה אנו מכירים היטב. השליטה בתוכנה, לעומת זאת, היא במידה רבה עדיין בחיתוליה. השליטה בעולם הקוונטי היא אספקט אחד, אבל חשוב, של טכנולוגיית הננו. מכיוון שהאטומים, החומרה, הם עצמים קוונטיים, וכך גם התוכנה, שליטה בעולם זה היא האתגר של המאה הבאה.

עולם המצבים הקוונטיים הוא עולם עשיר, ורובו נמצא עדיין מעבר לאופק השליטה של טכנולוגיות קיימות. במעבדות רבות בעולם חוקרים דרכים לבנות כלים ניסיוניים שיאפשרו שליטה טכנולוגית בעולם זה. למשל, פיתוח של טכנולוגיות שמבוססות על התקנים אלקטרוניים, שמשמשים בתעשיית הלייזרים והמוליכים למחצה. המטרה לבנות, בשלב ראשון, מקורות שמסוגלים לפלוט פוטונים בודדים, על־פי דרישה, במצב קוונטי מוגדר היטב, ובשלב שני לפתח מקורות של זוגות פוטונים שזורים. כיום, אין עדיין התקן שיכול ליצר פוטונים שזורים על־פי דרישה, והטכנולוגיה לשזור מספר רב של פוטונים טרם פותחה. פיתוח טכנולוגיות כאלה יהיה צעד משמעותי בדרך לבניית מחשבים קוונטיים, שנדונה ב"אודיסאה" מס׳ 1, במאמרה של **דורית אהרונוב**.

הסיפור על עץ הדעת בספר "בראשית" דן בפיתוי ובעונש על האכילה מעץ הדעת. עץ הדעת פותח אפשרויות, אופקים והזדמנויות. לא לאכול ממנו זו לא אופציה בעולם מסוכסך. מדע ודעת הם אוניברסליים, אבל השימוש שנעשה בהם הוא לא. ידע הוא כוח שמשרת מטרות טובות, כפי שהוא משרת גם מטרות רעות. מה יהיו פניה של הטכנולוגיה הקוונטית שעומדת בפתח, וכיצד היא תשפיע על העולם שבו אנו חיים, איני יודע. התורה הקוונטית מלמדת אותנו, שלא את הכול ניתן לדעת ולא על הכול ניתן לשלוט. ■

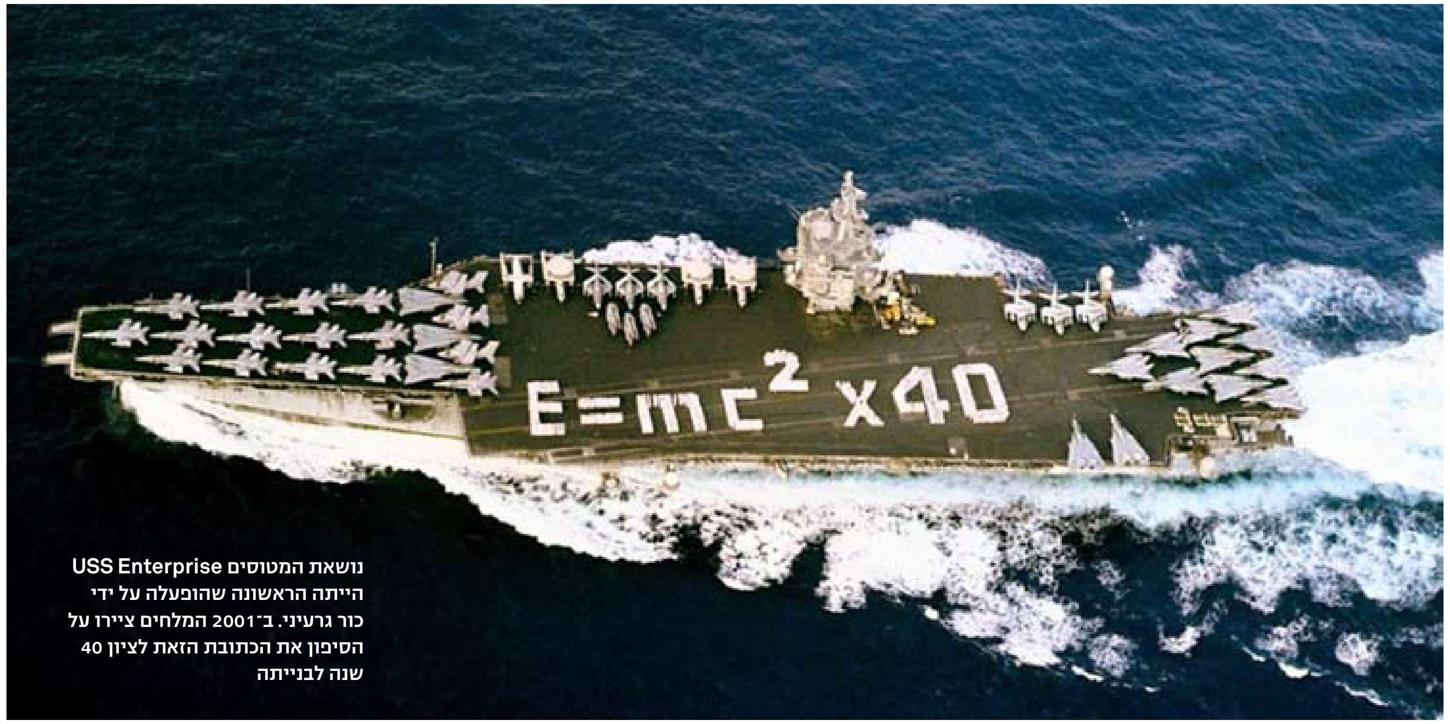
רוצים לדעת יותר?

1. על שזירה וטלפורטציה ניתן לקרוא בערכים המתאימים בוויקיפדיה.
2. המאמר המקורי על טלפורטציה: C. Bennett et. al. Phys. Rev. Lett. 70, 1895–1899 (1993)
3. המאמר, שידוע בשם הפרדוקס של אינשטיין־פודולסקי־רוזן: A. Einstein B. Podolsky and N. Rosen, Phys. Rev. 47, 777–780 (1935).
4. במעבדתו של פרופ׳ דוד גרשוני בטכניון הוכח שניתן באופן עקרוני ליצר זוגות פוטונים שזורים מהתקנים של מוליכים למחצה: N.Akopian et.al. Phys. Rev. Lett. 96, 130501 (2006).

חנוך גוטפרוינד

$E=mc^2$

אין ולא הייתה נוסחה פיזיקלית ששינתה כך את פני האנושות. מרגע שאינשטיין גילה שניתן להמיר מסה לאנרגיה, אי־אפשר היה לעצור יותר את ההשלכות ההרסניות



נושאת המטוסים USS Enterprise הייתה הראשונה שהופעלה על ידי כור גרעיני. ב־2001 המלחים ציירו על הסיפון את הכתובת הזאת לציון 40 שנה לבנייתה

"ספר הטבע כתוב בשפת המתמטיקה".

גלילאו גליליי, "Il Saggiatore", 1623

"הנס של יעילות שפת המתמטיקה לניסוח חוקי הפיזיקה היא מתנה נפלאה, אותה איננו מבינים והיא גם לא מגיעה לנו". "The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences"

Eugene Wigner, 1960

■ רבים מחוקי הטבע מנוסחים כמשוואות מתמטיות, אשר קושרות בין סמלים המייצגים גדלים פיזיקליים. שיטות מתמטיות משמשות בתהליכים המובילים מהנחות פשוטות אל המשוואות האלה, וחישובים מתמטיים, אנליטיים ונומריים, מאפשרים להסיק מן המשוואות האלה תופעות הניתנות למדידה בתצפיות או בניסויים במעבדה. מימי גלילאו הפכה המתמטיקה למכשיר רב עוצמה עבור חוקרי מדעי הטבע. המאמר המצוטט במוטו לרשימה הזאת מונה שורה ארוכה של קשרים מפתיעים בין מושגים מתמטיים ובין תופעות בטבע.

כאשר התמודד עם האתגר של ניסוח תורת היחסות הכללית, אשר בה חוקי הטבע אינם תלויים במערכות הייחוס שבהן הם מתרחשים, נזקק אלברט אינשטיין לשיטות מתמטיות מתוחכמות, אשר פותחו על־ידי המתמטיקאים לטיפול בגיאומטריה במרחבים עקומים. באותו הזמן הוא כתב לידידו, הפיזיקאי ארנולד זומרפלד: "**רכשתי כבוד עצום למתמטיקה, שלחלקים המעודנים שלה, מתוך בורות, התייחסתי כאל מותרות**".

מימי ניוטון הופיעו על במת הפיזיקה מספר משוואות פשוטות לכאורה, אשר שינו תפיסות עולם והפכו לעמודי התווך של הפיזיקה המודרנית. ביניהן ניתן למנות את משוואת הכבידה של ניוטון, את משוואות מקסוול (Maxwell), המאחדות את החשמל, המגנטיות, האופטיקה וגלי הרדיו למסגרת אחת, את משוואת שרדינגר (Schroedinger), המתארת את האופי הגלי של חלקיק חומרי בתורת הקוונטים, ואחרות. בין כל אלה, המשוואה המפורסמת ביותר בעולם המדע היא <<

>> משוואה פשוטה המכילה חמישה סמלים בלבד – $E=mc^2$. משוואה זו, הקושרת בין גדלים שהם לכאורה שונים לחלוטין זה מזה: אנרגיה (E), מסה (m) ומהירות האור (c), הפכה בימינו לסמל תרבות. היא מופיעה על חלקי לבוש, בפרסומות למוצרים מסחריים, על שטרות ומטבעות, ואינני יודע אם יש מדינה אחת אשר לא הוציאה בול ועליו $E=mc^2$ בעיצובים שונים ויצירתיים.

תכולת האנרגיה של גוף חומרי

בסוף 1905 פרסם אינשטיין מאמר בשם "**על האלקטרודינמיקה של גופים נעים**", ובו ניסוח של תורת היחסות הפרטית שלו. התורה מבוססת על שתי הנחות: א) מהירות האור אינה תלויה במהירות המקור או במהירות הצופה. ב) בשתי מערכות ייחוס הנעות במהירות קבועה זו ביחס לזו, מתקיימים אותם חוקי הטבע. כדי להסביר את ההנחה השנייה אינשטיין השתמש לעתים במטאפורה של רכבת הנוסעת במהירות קבועה, חלונותיה סגורים וגלגליה משומנים היטב. אין שום ניסוי אשר צופה הנמצא ברכבת כזאת יוכל לבצע, כדי ללמוד משהו על מצב התנועה שלה ביחס לרציף.

מדובר בשתי הנחות פשוטות לכאורה, ובכל זאת, איש מלבד אינשטיין לא השכיל להציע אותן עד זמנו. מן ההנחות האלה אפשר להסיק שורה של מסקנות על ההשפעה של מהירות הצופה על מדידת אורכים, מדידת זמנים ומדידת כוחות חשמליים ומגנטיים.

אחרי שפרסם את המאמר, אינשטיין שם לב שיש מסקנה נוספת, מהותית ומפתיעה, הנובעת מן ההנחות של תורת היחסות הפרטית, ואז פרסם מאמר קצר נוסף, שבו שלושה עמודים בלבד, תחת הכותרת "**האם ההתמדה של גוף תלויה בתכולת האנרגיה שלו?**" (כאן התמדה היא שם נרדף למסה). במאמר הזה הראה אינשטיין ש"**אם גוף פולט אנרגיה L, אז המסה שלו קטנה ב־ L/V^2... המסה של גוף היא מידה לתכולת האנרגיה שלו... אם התיאוריה מתאימה לעובדות, אז קרינה מעבירה מסה בין הגוף הפולט והגוף הקולט**" (באותם הימים נהגו הפיזיקאים לסמן אנרגיה ב־L, ואינשטיין מסמן כאן את מהירות האור ב־V). זהו הניסוח הראשון של $E=mc^2$, אם כי לא בסימון זה. אינשטיין הראה במאמר זה את השקילות בין מסה ובין אנרגיית קרינה אלקטרומגנטית, אבל טען שהתוצאה הזאת היא כללית ובלתי תלויה במכניזם שבו גוף פולט אנרגיה. לכל צורות האנרגיה יש מסה.

כאשר אינשטיין הגיע למסקנה הזאת, הוא כתב לידידו Conrad Habicht: "**המסה היא מידה ישירה של האנרגיה הכלולה בגוף... הטיעון משעשע ומפתה, אבל ככל שאני יודע, ייתכן שהאל צוחק על כך ומוליך אותי באף**".

האם השקילות בין מסה ואנרגיה פירושה, שאפשר באמת להפוך מסה לאנרגיה? אינשטיין חשב שאפשר יהיה להבחין בתופעה זאת בהתפרקות רדיואקטיבית: "**אין זה מן הנמנע שאפשר יהיה לבחון את התיאוריה הזאת בעזרת גופים שבהם השינוי באנרגיה הוא גדול (כמו מלחי רדיום)**". תחזית זאת התממשה כשלושים שנים מאוחר יותר.

באחד ביולי 1946 פרסם השבועון "Time" בעמוד השער את תמונתו של אינשטיין על רקע פטריית עשן מיתמרת ובה המשוואה $E=mc^2$. תחת התמונה הופיעה הכתובת: "אינשטיין מפרק היקום".

ראשית העידן הגרעיני

ההיפוך של מסה לאנרגיה התרחש בניסוי מבוקר במעבדה בפעם הראשונה ב־1932. הפיזיקאים ג'ון קוקרופט (John Cockroft) וארנסט וולטון (Ernst Walton) מאוניברסיטת קיימברידג' באנגליה הצליחו להאיץ גרעיני מימן (פרוטונים), אשר פגעו בגרעינים של היסוד ליתיום (המורכבים משלושה פרוטונים וארבעה נויטרונים). בהתנגשות נוצרו שני גרעינים של הליום (חלקיקי α, המכילים שני פרוטונים ושני נויטרונים), אשר נעו במהירות גבוהה בכיוונים הפוכים. סכום המסות של הפרוטון וגרעין הליתיום הוא יותר גדול מן המסה של שני חלקיקי α. המסה שהלכה לאיבוד בתהליך הזה הפכה לאנרגיה הקינטית (אנרגיית התנועה) של שני חלקיקי α. הניסוי הזה אישר את התופעה של הפיכת מסה לאנרגיה והראה, שהמאזן הכמותי בין שתיהן נקבע על ידי הנוסחה $E=mc^2$. התברר שהאל לא צחק ולא הוביל את אינשטיין באף.

התגלית הזאת זכתה לכיסוי סנסציוני ב־"New York Times": "**בניסויים מדעיים שנערכו לאחרונה, הוכח שהמבצר הפנימי ביותר של החומר, גרעין האטום, ניתן לפיצוח, תוך יצירה של כמויות עצומות של אנרגיה, וקרוב לוודאי גם של מקורות חדשים של זהב, רדיום ומינרלים יקרים אחרים**". הלורד ארנסט ראתרפורד, הנחשב לאביה של הפיזיקה הגרעינית, היה פחות נלהב. הוא כותב ב־1933: "**הטרנספורמציות האטומיות האלה הן בעלות עניין רב לאנשי המדע, אבל איננו יכולים לשלוט באנרגיה האטומית במידה שהעניין יהיה בעל ערך כלכלי, ואני מאמין שלא נוכל לעשות זאת אי פעם בעתיד... העניין שלנו בנושא הוא מדעי טהור, והניסויים האלה תורמים להבנה טובה יותר של מבנה החומר**". באותה שנה הוא התבטא בנושא בכנס מדעי בלונדון: "**מי שמדבר על אנרגיה אטומית מדבר שטויות**".

האמירה הזאת מעידה עד כמה מסוכן לחזות את עתידן והשפעתן של תגליות מדעיות. שתים־עשרה שנים מאוחר יותר, אותה אנרגיה אטומית, שאחד מגדולי הפיזיקאים של התקופה התייחס אליה כאל שטות, הייתה אחראית לחורבן של שתי ערים גדולות ביפן.

ציון דרך נוסף בהתפתחות העידן הגרעיני היה גילוי הביקוע הגרעיני ב־1938 במעבדתו של אוטו האן (Otto Hahn) בברלין. למעשה, הייתה זאת הפיזיקאית ליזה מייטנר (Lise Meitner), שעבדה מספר שנים עם אוטו האן ונאלצה לעזוב את ברלין בגלל היותה יהודייה, אשר הבינה יחד עם אחיינה אוטו פריש (Otto Frisch)את משמעות הניסויים בברלין.

נויטרון הפוגע בגרעין של אורניום גורם לביקוע שלו לשני גרעינים קטנים יותר – רדיום וקריפטון – ולפליטה של שלושה נויטרונים. המסה של הנויטרון וגרעין האורניום גדולה יותר מסכום המסות של כל מוצרי הביקוע. הפרש המסה הזה הפך לאנרגיית התנועה של הנויטרונים. לא לקח הרבה זמן עד שהפיזיקאים אנריקו פרמי (Enrico Fermi) ולאו סילארד (Leo Szilard) הראו, שכל אחד מן הנויטרונים הנפלטים בביקוע של גרעין האורניום יכול לפגוע בגרעיני אורניום נוספים, וכך תיווצר פעולת שרשרת.

מייד אחרי הגילוי מסר אינשטיין מכתב לנשיא ארה"ב, פרנקלין דלאנו רוזוולט, ובו האזהרה הבאה: "**במהלך ארבעת החודשים עלתה האפשרות... שאפשר יהיה לקיים במסה גדולה של אורניום פעולת שרשרת, אשר תייצר כמויות עצומות של אנרגיה ושל יסודות חדשים דמויי רדיום... תופעה חדשה זו יכולה גם להוביל לבניית פצצות, ומתקבל על הדעת – אם כי זה פחות ודאי – שאפשר יהיה לבנות בדרך זו פצצות מסוג חדש בעלות עוצמה רבה ביותר. פצצה אחת מן הסוג הזה, המובלת על אונייה או מתפוצצת בנמל, תוכל להרוס את כל הנמל יחד עם הסביבה שלו**".

שנתיים אחרי מסירת המכתב הזה, ולא רק בגללו, הכריזה ארה"ב על תכנית מנהטן, שהייתה מאמץ מרוכז לפתח פצצה אטומית. המאמץ הזה הסתיים בהטלת פצצה אטומית על הירושימה ב־6.8.1945, ושלושה ימים אחרי זה הוטלה פצצה נוספת על נגסאקי.

"אינשטיין מפרק היקום"

באחד ביולי 1946 פרסם השבועון "Time" בעמוד השער את תמונתו של אינשטיין על רקע פטריית עשן מיתמרת ובה המשוואה $E=mc^2$. תחת התמונה הופיעה הכתובת: "אינשטיין מפרק היקום".

המשוואה $E=mc^2$ איננה תרשים לבניית פצצה אטומית. היא מייצגת את העיקרון הפיזיקלי של הפיכת מסה לאנרגיה, המסביר מדוע תופעה כזאת אפשרית. היא מסבירה את התהליך של הפקת אנרגיה בכורים גרעיניים, כפי שהיא מסבירה את המקור של אנרגיית השמש ושל כל הכוכבים ביקום.

בין העיקרון הזה ועד בניית פצצה אטומית יש דרך ארוכה של מחקר מדעי ופיתוח טכנולוגי. אינשטיין לא היה שותף לתהליך הזה בשום צורה ובשום שלב, ובכל זאת שמו נקשר לפצצה האטומית. הדבר הזה רדף והטריד אותו עד סוף ימיו.

בליבת השמש מתרחש תהליך המורכב מכמה שלבים, אשר בו מתמזגים ארבעה פרוטונים לשני חלקיקי α. ההפרש בין המסה של ארבעת הפרוטונים ושל שני חלקיקי α הוא מקור האנרגיה של השמש ולכן, במישרין ובעקיפין, הוא גם מקור האנרגיה ומקור החיים על כדור הארץ.

סמוך למותו ב־1955 כתב אינשטיין לידידו מקס פון־לאוה (Max von Laue), שהיה הפיזיקאי הגרמני היחיד איתו התכתב אחרי מלחמת העולם השנייה: "**הפעילות שלי בקשר לפצצה האטומית הייתה רק חתימתי על המכתב לרוזוולט. בגלל הסכנה שהיטלר עלול להיות הראשון שתהיה לו הפצצה, חתמתי על המכתב אשר נוסח על־ידי סילארד. אילו ידעתי שהחשש לא היה מוצדק, אני, כמו גם סילארד, לא הייתי פותח את תיבת הפנדורה הזאת, מפני שחוסר האמון שלי בממשלות לא היה מכוון רק לממשלת גרמניה**".

בימי המלחמה הקרה נקשרה בתודעת האנושות המשוואה $E=mc^2$ עם הנשק הגרעיני. היא מסמלת שילוב בין הבנת עקרונות פיזיקליים מורכבים ומסתוריים, המעוררת השתאות בציבור הרחב, ובין בשורה אפוקליפטית על סוף המין האנושי. עם זאת, המשוואה הפשוטה הזאת הדריכה דורות של אנשי מדע במחקר בתחומי פיזיקה שונים כמו אסטרופיזיקה וקרינה קוסמית, בפיתוח תחום חדש – פיזיקת החלקיקים האלמנטריים, ובבניית מאיצי חלקיקים רבי עוצמה.

בביקוע של אטום אורניום רק חלק קטן מן המסה הופך לאנרגיה. לעומת זאת, כאשר אלקטרון מתנגש עם חלקיק המכונה פוזיטרון, שניהם נעלמים והמסה שלהם הופכת כולה לאנרגיית קרינה אלקטרומגנטית. הפוזיטרון הוא האנטי־חלקיק של האלקטרון – זהה לו בכל התכונות פרט לכך שהוא בעל מטען חשמלי הפוך. הפיכת מסה לאנרגיה על־ידי מפגש בין חומר ואנטי־חומר בקנה מידה מקרוסקופי יכולה לספק אנרגיה בכמויות אדירות לבניית עולם תעשייתי חדש, או ליצור כוח הרס מעבר לכל מה שידענו עד עכשיו. בינתיים, אפשרות כזאת קיימת רק בסיפורי מדע בדיוני. ■

חנוך גוטפרוינד הוא פרופסור אמריטוס לפיזיקה ומרכז מטעם האוניברסיטה העברית את הפעילות הקשורה לאלברט אינשטיין ברחבי העולם

Antony Gormley, *BEFORE TWO*, 2004, Cast iron, 181 x 45 x 111 cm, Photograph by Stephen White, London, © The artist
אנטוני גורמלי, "לפני שניים", יציקת ברזל /
על העבודה ראה עמוד 56

052

בין גוף לנפש: האם קיים מרכיב רוחני לתודעה?

בהמשך לדיון בנושא ה"רצון החופשי" (אודיסאה גיליון 7), מציג פרופסור יקיר שושני את המחלוקת הגדולה בשאלה: האם האדם הוא בסך הכל מכונה פיזית־חישובית, או שהוא בעל תודעה שאינה ניתנת להסבר באמצעות הפיזיקה. שושני מציע לנו להכיר בקיומם של "ישים רוחניים", וכתוצאה מכך באפשרות של אינטראקציה והשפעה בין חומר לרוח

■ האם יתכן שאי־פעם ייבנה מחשב שישווה בכישוריו האינטלקטואליים לאלה של האדם?ריי קורצוויל טוען בספרו "**עידן המכונות הרוחניות**", שהתשובה חיובית. כמו קורצוויל, אסכולה פילוסופית־מדעית שלמה שאותה אכנה – **הפיזיקליזם של התודעה**" – טוענת שניתן להעמיד את ההכרה האנושית על בסיס פיזיקלי־חישובי. הם מציעים כמה הצדקות לביסוס טענתם זו.

ההצדקה הראשונה מתבססת על ממצאים בחקר המוח. ידוע שבפגיעות מוחיות קיים מתאם ברור בין מקום הפגיעה ובין הכישורים הקוגניטיביים שנפגעו. מתאם דומה מתגלה גם בהדמיית המוח בפעולה, לפיה ניתן לקבוע איזה חלק במוח פועל בשעה שבעל המוח חושב על דבר מסוים או מבצע פעילות קוגניטיבית ספציפית. מתאם זה מצביע על כך שמקור הפעילות הקוגניטיבית הוא בפעילות פיזיקלית, שמתרחשת באותו אזור במוח.

הצדקה נוספת באה מתחום הבינה המלאכותית. המחשבים יכולים לבצע כיום מיליארדי פעולות חישוב בשנייה, ורבים סבורים שיש להם יכולת יצירתית גבוהה שתלך ותגדל בעתיד. כולנו מכירים את המחשב "כחול עמוק", שניצח את אלוף העולם גארי קספרוב בשחמט – משחק הדורש תכנון קפדני ודרגה גבוהה של יצירתיות. מכיוון שאנו עדים להתקדמות מהירה של מדעי המחשב, אנו יכולים לצפות שיכולות החישוב ילכו וישתכללו ומה שנראה כיום בלתי אפשרי, יהיה בהחלט אפשרי בעוד עשר־עשרים־שלושים שנה, ומחשבים יבצעו פעילויות הכרה, חשיבה ויצירתיות הדומות לאלה של בני אדם.

סביב ניצחונו של "כחול עמוק" על גארי קספרוב התפתחו מיתוסים רבים. קספרוב טען שהמתכנתים פעלו גם במהלך המשחקים ולכן השפיעו על תוכנית המשחק של המחשב ועל התוצאה. קספרוב ניצח בסדרה הראשונה והפסיד בשנייה

הצדקה שלישית ל"פיזיקליזם של התודעה" נובעת מהאמונה ברציונליות. לאור השיטה המדעית שהתפתחה במשך כ־400 שנה, אנו משתדלים להימנע מחשיבות ספקולטיביות, מכל מה שקשור במיסטיקה, וממקדים את תשומת הלב והמחשבה שלנו אך ורק בנושאים או ברעיונות, שניתן לייחס להם פשר ברור, שניתן לבחון

>>

<< אותם בתצפית, בניסוי, או על סמך מודל חישובי ושניתן להבינם באמצעות השכל. המאמינים בפיזיקליזם של התודעה שוללים לחלוטין את ההשקפה שיש בהכרה מרכיב לא רציונלי או מיסטי, ולכן אנו לא יכולים להסביר את התודעה בשום טענה שאינה נסמכת על הפיזיקה.

טענות-נגד

שלוש ההצדקות של הפיזיקליזם ניתנות כמובן לביקורת. נגד ההצדקה הראשונה טוענים המתנגדים כי ממתאם בין שתי תופעות, למשל מחשבה ופעילות חשמלית במוח לצידה, אי אפשר להסיק שניתן להעמיד תופעה אחת על התופעה השנייה. כל אחד מבין שעין תקינה מהווה תנאי הכרחי לראייה. האם עיניים תקינות מהוות תנאי מספיק לקיום הראייה? התשובה כמובן שלילית. ישנם אנשים שיש להם עיניים תקינות לחלוטין, אך הם לא רואים מכיוון שמרכז הראייה במוחם פגום. באנלוגיה ניתן לטעון שאמנם התהליכים הפיזיקליים במוח הכרחיים לקיומה של ההכרה, אבל הם לא מספיקים להסברתה.

מדעני המוח עדיין מגששים באפלה בכל מה שקשור לתהליכים המתרחשים במוח בעת שהאדם מרגיש משהו או בעת שהוא מבצע פעילות קוגניטיבית. מתאם בין פעילות פיזיקלית באזור מסוים במוח ופעילות קוגניטיבית של בעל המוח אינו מלמד שניתן להעמיד את התודעה אך ורק על תהליכים פיזיקליים אלה. זוהי בעיקרון הטענה המרכזית נגד ביסוס הפיזיקליזם של התודעה על סמך מבנה המוח ותפקודו.

נגד ההצדקה השנייה, זו הקשורה ליכולות המחשבים והאינטליגנציה המלאכותית, טוענים המתנגדים שהמחשבים מצליחים לבצע חלק קטן ביותר מהכישורים התבוניים, הרגשיים והתחושתיים של האדם. מה שמייחד את בני האדם אינו רק חשיבה רציונלית, אלא מגוון של תחושות, רגשות ופעולות – שבכללן ובעצם במרכזן הרצון החופשי. מדעני המוח אינם מצליחים בינתיים להסביר בעזרת מודל פיזיקלי־חישובי את כלל היכולות הללו. אנחנו גם לא יכולים כרגע לדמיין לעצמנו מחשב או מכונה תבונית מסוג אחר, שיוכלו לאהוב ולקנא, שיהיו בעלי מודעות עצמית או כוונות ומטרות. מן העובדה שישנה מכונה שיכולה לחקות חלק מכישורי התודעה, לא משתמע שמכונה כזו תוכל לחקות את כולם.

אי־יכולת זו קשורה לשאלה: האם ניתן לתרגם כל תהליך בתודעה לחישוב? אני רוצה לתת שתי דוגמאות בהקשר זה. דוגמה ראשונה היא הגיאומטריה. כל אחד שלמד גיאומטריה זוכר את הקושי להוכיח משפטים מורכבים, דוגמת המשפט הטוען כי שלושת התיכונים במשולש נפגשים בנקודה אחת. כשבאים להוכיח משפט כזה, מתעוררת הבעיה מאיזה אקסיומה או משפט רצוי להתחיל. מה יהיו הצעדים במהלך ההוכחה? פתרון שאלות אלו דורש יצירתיות לא מבוטלת.

במאה ה־17 המציא הפילוסוף רנה דקארט את הגיאומטריה האנליטית המאפשרת להפוך את החשיבה היצירתית של הוכחת משפטים בגיאומטריה לרצף של תהליכים חישוביים. המרה דומה של מחשבה ויצירתיות בחישובים אנו מוצאים בלוגיקה העוסקת בהסקת מסקנות מהנחות נתונות. יש הרבה טיעונים לוגיים שהוכחת תקפותם, כלומר ההכרעה האם מסקנותיהם נובעות מהנחותיהם, נחשבת לפאר המחשבה האנושית. קיימים טיעונים מורכבים רבים שאנשים אינטליגנטיים מאוד לא מצליחים להכריע האם הם תקפים או לא. בעזרת הלוגיקה אנחנו יכולים להפוך כל הכרעה כזו לתהליך חישובי באמצעות "תחשיב הפסוקים".

הדוגמאות האלו, הממחישות את המעבר המפליא מחשיבה לחישוב, מעוררות שאלה: האם כל אחד מכישורי התודעה ניתן לתרגום לחישוב? האם התחושה שלי כשאני מריח פרח ניתנת למיצוי מלא על־ידי פעולה חישובית כלשהי? בינתיים אף אחד לא יכול להצביע על חישוב שכזה. המאמינים בפיזיקליזם של התודעה טוענים שכל התחושות, הרגשות, הכוונות והיכולות הקוגניטיביות ניתנים לתרגום לתהליכים פיזיקליים־חישוביים. בינתיים אין שום דבר היכול לבסס הצהרה שכזו.

ובאשר להצדקה השלישית, האם באמת החשיבה הרציונלית שבה אנו דוגלים אכן מבססת את טיעוני ה"פיזיקליזם של התודעה"? המתנגדים מסבירים שלרוב התופעות שאנו נפגשים בהן בחיי היומיום לא קיים הסבר רציונלי מניח את הדעת. תחשבו על מה שחלף עליכם בשבוע האחרון. האם אתם יכולים לייחס לכל האירועים שעברתם פשר רציונלי? האם כל הפחדים, המאוויים, התחושות או הכוונות שהיו לכם ניתנים לתרגום למודל רציונלי־חישובי או פיזיקלי? רק חלק קטן מאוד ממה שקורה בחיינו ניתן להמשיג ולתרגם למונחים רציונליים. גם המדע עצמו לא תמיד מתפתח באופן רציונלי. כיצד למשל נוצרות תיאוריות חדשות? האם הן מגיחות תמיד מתוך שיקולים רציונליים? האם התהליך היצירתי נובע ממקורות רציונליים? אף אחד לא יכול להציע לנו אלגוריתם ולהסביר בעזרתו כיצד פיתח ניוטון את המכניקה שלו או תהליכים יצירתיים דומים. אילו היינו יכולים לעשות אלגוריתמיזציה של יצירתיות מדעית, היינו יכולים להכניס את האלגוריתם הזה למחשב ותוך פרק זמן קצר מאוד היה מגלה לנו המחשב את כל צפונות היקום וההכרה האנושית.

ההיסטוריה של התפתחות המדעים מצביעה על כך שמרכיב חשוב בהתפתחות המדעית, בעיקר בעת מהפיכות מדעיות, היה מרכיב אי־רציונלי. החשיבה הרציונלית באה לביטוי ברגע שיש פרדיגמה

"האם כל אחד מכישורי התודעה ניתן לתרגום לחישוב? האם התחושה שלי כשאני מריח פרח ניתנת למיצוי מלא על־ידי פעולה חישובית כלשהי? בינתיים אף אחד לא יכול להצביע על חישוב שכזה. המאמינים בפיזיקליזם של התודעה טוענים שכל התחושות, הרגשות, הכוונות והיכולות הקוגניטיביות ניתנות לתרגום לתהליכים פיזיקליים־חישוביים. אבל אין בינתיים שום דבר היכול להצדיק הצהרה שכזו"

מדעית, כלומר כשיש תיאוריה מקובלת ומתעורר הצורך לשכלל ולבסס אותה. אבל במעבר מפרדיגמה אחת לפרדיגמה שנייה, בקפיצה מהידוע לבלתי ידוע, תמיד מופיע מרכיב לא מובן, שאינו ניתן לחישוב או למדידה.

בעיית הרדוקציה

הצעתי שלוש טענות מרכזיות בעד הפיזיקליזם של התודעה וניסיתי להציג חלק מטענות־הנגד להן. אולם ההתנגדות לפיזיקליזם של התודעה נובעת ממקורות נוספים ומעניינים יותר, ובהם אני רוצה להרחיב. אנשים רבים, פילוסופים ואנשי מדע כאחד, מאמינים שהתודעה אינה ניתנת להעמדה על בסיס פיזיקלי־חישובי. הם מציעים כמה טענות הבאות לתמוך בעמדה זו.

הטענה הראשונה קשורה במה שמכונה "בעיית הרדוקציה". הפיזיקליסטים טוענים שניתן להעמיד ולהסביר את כל כישורי התודעה על תהליכים פיזיקליים. להעמדה שכזו קוראים בשפה הפילוסופית "רדוקציה" (הפחתה). הרדוקציוניסטים טוענים למשל, שאפשר להעמיד את כל חוקי הכימיה על חוקי הפיזיקה האטומית והמולקולרית, ושהפיזיקה, המסבירה את מכלול התופעות הכימיות, מבוססת על פחות הנחות מאשר הכימיה.

אנסה להסביר מדוע להבנתי לא ניתן להעמיד את התודעה באופן בלעדי על תהליכים פיזיקליים וחישוביים. כשמעמידים את הכימיה על הפיזיקה, לא משתמשים בחוקי הכימיה, אלא אך ורק בחוקי הפיזיקה. כאשר מעמידים את הביולוגיה על חוקי הפיזיקה והכימיה, לא משתמשים בחוקים מתחום הביולוגיה, אלא אך ורק בחוקים בתחום הפיזיקה והכימיה. אבל בהעמדת התודעה על חוקי הפיזיקה, אנו משתמשים בתודעה שלנו כדי להסבירה, וממנה אין לנו כל יכולת לצאת. אני לא יכול להימנע משימוש בחוקים ובתהליכים המאפיינים את התודעה שלי כדי להסביר את אותה תודעה עצמה, ולכן העמדה כזו אינה אפשרית. למה הדבר דומה? אילו הייתי מנסה להעמיד את הכימיה על הפיזיקה ולצורך זה הייתי משתמש בחוקים של הכימיה, כל אחד היה אומר שהעמדה זאת הינה בלתי ראויה.

בעיית הזהות

טענה שנייה כנגד הפיזיקליזם של התודעה מכונה בשם "בעיית הזהות". נניח שהפיזיקליסטים צודקים ובעתיד ניתן יהיה לתרגם כל פעולה קוגניטיבית, רגשית, או תחושתית של האדם לאוסף מוגדר של תהליכים פיזיקליים וחישוביים במוח. עתה תארו לעצמכם מצב שכזה: אני לוקח פרח, מגיש אותו לאהובתי וחש תחושות מסוימות. אני רואה את הפרח ומריח אותו, אני מודע לתחושות שלי כלפי אהובתי. יש לי ציפיות ממנה, ואני תמה כיצד היא תגיב. כל אחד מאיתנו מכיר את הסיטואציה הרגשית הזאת. כעת בא מדען המוח ואומר: תשמע, ידידי, אני יכול לתת לך מסמך שבו רשומים כל התהליכים הפיזיקליים והחישוביים שהתרחשו במוחך בעת שהגשת את הפרח לאהובתך. הם ממצים את כל מה שהרגשת וחשת. הוא מגיש לי מסמך גרפי ומילולי שכזה.

חוקרי המוח מספרים לנו שהתחושות שלי כשהגשתי את הפרח לאהובתי **זהות לחלוטין** לאוסף מסוים של תהליכים שהוצגו בפניי. אבל למרות זאת אני יכול להבחין בין השניים. אני מסוגל להבחין בין אוסף רגשותיי ותחושותיי כשהגשתי את הפרח לאהובתי לבין אוסף התהליכים שהתרחשו במוחי כשעשיתי זאת והוצגו לפניי במסמך. לוגית, לא ניתן להבחין בין שני דברים זהים. אם אני מבחין ביניהם סימן שיש דבר אחד לפחות שאינו זהה. מהו הדבר שמאפשר לי לעשות את ההבחנה בין התהליכים הפיזיקליים ובין התחושות והרגשות שלי? בעיה זו, שאין לה פיתרון מניח את הדעת היא בלתי תלויה במצב הידע של חקר המוח (גם בעיית הרדוקציה בלתי תלויה במצב הידע המדעי).

רצון חופשי

הטענה השלישית נגד הפיזיקליזם של התודעה, שהיא אולי המעניינת מכולן, היא קיומו של הרצון החופשי. כל אחד מאיתנו חש שיש לו רצון חופשי. האם מישהו יכול להעלות על הדעת, שלמכונה או למערכת פיזיקלית יהיה רצון חופשי? כבר אמר עמנואל קאנט, שהרצון החופשי מנוגד לטבע העולם. למערכות פיזיקליות אין דרגת חופש כזאת. >>

תומכי הפיזיקליזם טוענים שתחושת הרצון החופשי היא אשליה בלבד, הנובעת מאי־ידיעה. הפילוסוף ארתור שופנהאואר תיאר זאת באופן הבא: **כל אחד מאיתנו יכול לעשות כל מה שהוא רוצה, אבל בכל רגע נתון אנחנו יכולים לרצות דבר אחד בלבד.** אין לנו כל מידע על הרצון החופשי – למשל, מתי הוא נוצר? האם לביצית מופרית יש רצון חופשי? האם לביצית שמחולקת למאה חלקים יש רצון חופשי? אלו דוגמאות לבעיה העקרונית הנוגעת למושג החופש, שברגע שמנסים להגדירו או לתארו צריכים סיבות או תופעות הקודמות לו, שמייד לוכדות אותו בתהליכים דטרמיניסטים.

שאלה אחרת הקשורה לרצון החופשי היא האם – במידה והוא קיים – הוא יכולת (תכונה) אנושית או תכונה של בעלי חיים נוספים? האדם הוא חלק ממגוון ביולוגי של חיים שהתפתח בתהליך ארוך של אבולוציה. האם רק לבני אדם יש רצון חופשי? אולי גם לקוף ולתולעת יש רצון כזה? לשאלה זו יש טעם מכיוון שאני לא יכול לאשש או להפריך את קיום רצוני החופשי בעזרת ניסוי או תצפית. בכל פעם שאני עושה פעולה, למשל מרים את ידי, מישהו אחר יוכל לטעון כנגדי שהרמת היד נבעה בהכרח מאוסף תהליכים שהתרחשו במוחי ובסביבתי, תהליכים שכאשר נדע את כולם נוכל בהחלט לנבא את הפעולה מראש ללא כל צורך ברצון חופשי.

אם אנו מנסים לשלול את טענות ה"פיזיקליזם של התודעה" תוך הסתמכות על קיום הרצון החופשי, אנו חייבים להביא טענות המאששות את אפשרות קיומו. טענה אחת כזו, שאינה מסתמכת על תחושות סובייקטיביות, קשורה לאמונה הבסיסית המקובלת (אם כי לא על כלל הפילוסופים), שקיים עולם אובייקטיבי **שאינו תלוי** בהכרתנו.

כל אחד מאיתנו חש שיש בחוץ עולם בלתי תלוי בו ובקיומו. אני לא חולם שאני כותב שורה זו. אני מאמין באמת ובתמים שאני נמצא בחדרי מול המחשב, לידי רשימותיי וערימת ספרים. איך אני יכול להצדיק את האמונה הזאת? איך אני יכול לדעת שמעבר להכרתי יש עולם? אולי עולם זה אינו אלא פרי דמיוני?

אחת האפשרויות להבחנה בינינו לבין העולם מבוססת על שימוש ברצון חופשי. אני יכול לעשות מרצוני החופשי כמה פעולות ולהיווכח שהתמונה שאני מקבל מהסביבה אינה משתנה. אני יכול לעצום את העיניים, לפקוח אותן שוב, ואני רואה את אותה תמונה לפני. אני יכול לזוז קצת ימינה, קצת שמאלה ואני רואה שהתמונה משתנה אך במעט. כשאני מסתכל על עץ בחוץ, אני שם לב שהתמונה שאני מקבל מהעץ כמעט ולא משתנה כשאני מתקרב לעץ או מתרחק ממנו, וגם כשאני מזיז את הראש ימינה או שמאלה. במשך כל הפעולות הרצוניות האלה התמונה שקיבלתי

Antony Gormley, *Quantum Cloud XV*, 2000,
Stainless Steel bar 2.76 mm x 2.76 mm,
258 x 170 x 160 cm © The artist
אנטוני גורמלי, "ענן קוונטי XV", מוטות פלדת אל-חלד בקוטר 2.76 מ"מ

מרבית יצירותיו של הפסל האנגלי גורמלי עוסקות באספקטים שונים של הדמות האנושית תוך שימוש בגדלים יוצאי דופן של מיצגים ובמיקומים יוצאי דופן להצגת הפסלים. מרבית התבניות לפסלים מבוססות על גוף האמן עצמו. האמן עוסק ביחסים בין דמות וגוף לחלל, ובודק את גבולות הגוף האנושי והמרחב בו הוא מתקיים.

מהעץ כמעט ולא השתנתה. מכך אני מסיק שקיומו של העץ בלתי תלוי בהכרתי. הסבר זה לאמונה בקיום עולם מעבר להכרתי מאשש את תחושתי שיש לי רצון חופשי.

לעומת האדם, מכונה בנויה מתהליכים פיזיקליים וחישוביים, ולכן אין לה רצון חופשי. הרצון החופשי קשור בכוונות שלנו, בתמיהות, בתשוקות, בתאוות ובמרכיבים רבים אחרים של ההכרה. אם אי אפשר ליצור מכונה שיש לה רצון חופשי, לעולם לא ניתן יהיה

"לעומת האדם, מכונה בנויה מתהליכים פיזיקליים וחישוביים, ולכן אין לה רצון חופשי. הרצון החופשי קשור בכוונות שלנו, בתמיהות, בתשוקות, בתאוות ובמרכיבים רבים אחרים של ההכרה. אם אי אפשר ליצור מכונה שיש לה רצון חופשי, לעולם לא ניתן יהיה ליצור מכונה שתהיה דומה בכישוריה לכישורי התודעה של האדם. אם אכן קיים רצון חופשי, לא ניתן יהיה עקרונית להעמיד את התודעה על בסיס תהליכים פיזיקליים וחישוביים"

ליצור מכונה שתהיה דומה בכישוריה לכישורי התודעה של האדם. במילים אחרות, אם אכן קיים רצון חופשי – לא ניתן יהיה עקרונית להעמיד את התודעה על בסיס תהליכים פיזיקליים וחישוביים. מסקנה סבירה מטענה זו היא ההנחה כי יש בהכרה מרכיב נוסף, לא דטרמניסטי, שיש המכנים אותו נפש או רוח, והוא מבטא את ההשקפה שהפיזיקה והמתמטיקה אינן יכולות לתת דין וחשבון מלא על כלל התהליכים של התודעה האנושית.

בעיית גוף ונפש

לאור הטענות שהועלו כנגד העמדת התודעה על בסיס פיזיקלי־חישובי ולאור האמונה בקיומו של רצון חופשי, שאינו מהווה חלק מהמערכת הכימית־פיזיקלית המרכיבה אותנו, אנו צריכים להתמודד עם הבעיה הידועה בשם ה"**בעיה הפסיכו־פיזית**" – מהו החיבור בין גוף לנפש? בין חומר לרוח?

האמונה בקיומה של הנפש משרתת צורך אנושי עמוק. כל אחד יודע שביום מן הימים ה"אני" שלו, אותו הוא מטפח בהתמדה כל החיים, ייעלם ללא כל זכר, מה שמותיר אותנו בקיום חסר משמעות. כדי להיחלץ ממצוקה זו, אנשים מבצעים את ההפרדה בין גוף לנפש ומנסים להשאיר את הרוח כדבר נצחי בלתי מתכלה ושאינו פועל על־פי חוקי הפיזיקה. זו אמונה עתיקת יומין כמעט בכל התרבויות המוכרות. **האמונה** בקיומו של הרכיב הנוסף הזה, גם אם אין כל דרך להוכיחה מדעית, עזרה לבני האדם להרגיש טוב יותר והם הרבו לנסות ולפענח את מסתורי הרוח והנפש.

הבעיה הפסיכו־פיזית נחקרה על־ידי פילוסופים רבים במהלך יותר מאלפיים שנים. כבר אריסטו כתב ספר עמוק במיוחד שתורגם לעברית, "**על הנפש**", בו הוא מביא את דעות הפילוסופים שקדמו לו ופורש את משנתו בסוגיה סבוכה זו. בעיה זו טופלה ונידונה לאורך התקופה המודרנית והתפיסות הפילוסופיות השונות נסקרו לאחרונה בהרחבה בספרו של הפילוסוף האוסטרלי **קייט קמפבל** (keith Campbell), "**גוף ונפש**", שתורגם לעברית. הספר מציג את הבעיה באמצעות ארבעה היגדים:

הפרופסור ישעיהו לייבוביץ, אחד מחשובי ההוגים בארץ בתחום זה, כתב הקדמה ותוספות קצרות לספר. לייבוביץ התעניין בבעיה הפסיכו־פיזית ובחיבור בין גוף לנפש ואף כתב על כך

- הראשון טוען שגוף האדם הוא ישות חומרית המורכבת מיסודות כימיים מוכרים.
- השני טוען שנפש האדם היא ישות לא חומרית. קמפבל מאמין בקיומה של הנפש, בהתבסס על הטענה שלא ניתן להעמיד את התודעה על בסיס פיזיקלי־חישובי.
- השלישי טוען שישנה זיקה חזקה בין גוף האדם לנפשו. למשל, כשאני פוחד מתרחשים בגופי תהליכים פיזיקליים מוכרים. קצב הלב שלי מואץ וכפות ידי מזיעות. אם אחליט לקחת כדור LSD, יתרחשו בגופי ובמוחי תהליכים פיזיקליים שכתוצאה מהם אתחיל להרגיש הזיות, ורגשות אלו שייכים לממלכת הנפש. כלומר, אנחנו מבחינים בבירור שיש זיקה מאוד חזקה בין תופעות פיזיקליות וכימיות המתרחשות בגופנו ובין תופעות נפשיות.
- ההיגד הרביעי קובע כי חומר ורוח לא יכולים לקיים ביניהם כל צורה של יחסי גומלין.

ארבעת היגדים אלה מכילים סתירה. כי אם חומר ורוח לא יכולים לקיים יחסי גומלין, פירוש הדבר שהגוף והנפש לא יכולים לפעול זה עם זו. במילים אחרות, מתקיימת סתירה בין ההיגד השלישי והרביעי. סתירה זו היא למעשה תמציתה של בעיית הגוף והנפש – בעיית ההשקה או נקודות המגע בין גוף לנפש, במידה וקיימת נפש.

בשל בעיה סבוכה זו יטענו הפיזיקליסטים, שעצם הכנסת הנפש לדיון על תודעת האדם הופכת את הדיון לאי־רציונלי ובעייתי ועל כן הם אינם מקבלים את קיומה הנפרד של הנפש. אמנם גם הם מתקשים להסביר את כל מה שקורה בהכרה וברוח האדם בעזרת תהליכים פיזיקליים־חישוביים, אבל הם מאמינים שהסבר שכזה יימצא בעתיד.

פתרון מסוים לבעיה הפסיכו־פיזית מוצג על־ידי אסכולה הקרויה בשם "**אינטראקציוניזם**". אלה מנסים לבנות מודל ליצירת יחס גומלין בין הגוף לנפש. כך למשל, הציע הפילוסוף רנה דקארט, שהאמין בקיום הנפש, פיתרון המציג סוג של בלוטה הקיימת במוח ושבה ישנה כעין שבשבת בעלת דרגות חופש של סיבוב. השבשבת הזאת מביאה לידי ביטוי את התחושות, הרגשות והמחשבה, והיא <<

>> היוצרת את הקשר בין הגוף והנפש. לייבניץ טען שלשבשבת מסתובבת שכזאת אין שום דרגת חופש וגם היא פועלת על־פי חוקים הידועים בפיזיקה.
גם היום ישנם חוקרי מוח שמנסים ללכת בעקבות דקארט ולחפש היכן ממוקמים במוח האזורים האחראים על הרצון, הרגשות והמודעות העצמית. מציאת מקומות אלה, יהא בה כדי לאשש במידת־מה את האמונה שהאינטראקציה בין הגוף לנפש אמורה לפעול על־פי חוקים פיזיקליים, ולפיכך לבטל את קיומה של הנפש כישות רוחנית נפרדת מהגוף. לעומתם, מי שמאמין בקיום הנפש כמרכיב רוחני בתודעה, אינו יכול לקבל את ההסבר של האינטראקציוניזם לפיתרון הבעיה הפסיכו־פיזית. הסיבה לכך היא שמרכיב רוחני, מעצם הגדרתו ככזה, אינו יכול להיות ממוקם באזור מוגדר היטב בחלל, ואינו יכול לפעול על־פי חוקי הפיזיקה.
כיוון שלישי שהוצע לפיתרון בעיה זו מכונה בשם "**פרלליזם**". על־פיו, הגוף והנפש פועלים בהרמוניה מכוונת מראש. נניח שאני לוקח שני שעונים תקינים ומכוון אותם מראש לאותה שעה. אני מסתכל בהם במהלך יום, יומיים, שלושה ואני רואה שהשעונים מראים בדיוק את אותה השעה. האם זה אומר שיש יחסי גומלין בין השעונים? כמובן שלא. באופן דומה פועלים במקביל הנפש והגוף של האדם. לא בגלל שיש ביניהם אינטראקציה, אלא מכיוון שמראש נוצרה פעולה מקבילה שכזאת. הפרלליזם מניח לכן את קיומה של ישות שניתן אולי לזהותה עם האל, שהיא היוצרת הרמוניה קבועה מראש בין הגוף והנפש.
אני רוצה להציע פיתרון אחר לבעיה הפסיכו־פיזית ולטעון שההיגד הרביעי שמציע קייט קמפבל הוא היגד כוזב. אני רוצה להראות בעזרת דוגמאות, שפעולת גומלין בין גוף לנפש אפשרית מבחינה עקרונית. אני רוצה לטעון שקיימות ישויות רוחניות (לא פיזיקליות) הפועלות באינטרקציה עם הישויות הפיזיקליות.
אנחנו מכירים בטבע ישויות פיזיקליות הנמצאות בכל רגע במקום מסוים. אבל בעולם יש סוג של ישויות שאינן פיזיקליות ושאין להן מקום מסוים שעליו ניתן להצביע. אי אפשר לדבר על הימצאותן במקום מסוים בחלל ובזמן. למשל, החלל עצמו הוא ישות רוחנית כי ההיגד "החלל נמצא בתחום מסוים בחלל" הינו חסר פשר. באותו אופן מהווה גם הזמן ישות רוחנית. גם **חוקי הטבע** הכלליים, כגון חוק הגרביטציה של ניוטון או חוק המשיכה והדחייה בין מטענים חשמליים, מהווים סוג של ישויות רוחניות. אילו חוק הגרביטציה היה ישות פיזיקלית, הוא היה צריך להיות תקף אך ורק בתחום מסוים במרחב ובזמן, ובלתי תקף בתחום אחר. אבל כל הרעיון של חוק כללי זה שהוא תקף תמיד ובכל מקום. גם המספרים, המתארים מידות וכמויות של עצמים בעולם, אף הם ישויות רוחניות. הפיזיקאים מאמינים בקיומן האובייקטיבי

"לעומת האדם, מכונה בנויה מתהליכים פיזיקליים וחישוביים, ולכן אין לה רצון חופשי. הרצון החופשי קשור בכוונות שלנו, בתמיהות, בתשוקות, בתאוות ובמרכיבים רבים אחרים של ההכרה. אם אי אפשר ליצור מכונה שיש לה רצון חופשי, לעולם לא ניתן יהיה ליצור מכונה שתהיה דומה בכישוריה לכישורי התודעה של האדם. אם אכן קיים רצון חופשי, לא ניתן יהיה עקרונית להעמיד את התודעה על בסיס תהליכים פיזיקליים וחישוביים"

של הישויות הללו, למרות שאי אפשר לייחס להן מקום בזמן כלשהו. ללא האמונה בקיום ישויות רוחניות אלו, לא היה מובן גם קיומן של הישויות הפיזיקליות.
אנחנו יודעים שישנו קשר בין ישויות פיזיקליות לישויות רוחניות אלו, למרות שאי אפשר לדבר על מגע ביניהן. הגופים הפיזיקליים נמצאים בחלל ובזמן המהווים, כאמור, ישויות רוחניות. חלקיק טעון מושך חלקיק טעון אחר, על־פי חוק מסוים. החלקיק הטעון לכשעצמו מהווה ישות פיזיקלית. הוא נמצא במקום מוגדר בזמן מוגדר. החוק שעל־פיו הוא מושך או דוחה חלקיק אחר הוא חוק כללי, שהוא ישות רוחנית. הפיזיקה מסבירה יחסי גומלין אלו באמצעות חלקיקים המעבירים את האינטראקציות היסודיות בטבע. כך למשל, הגלואונים מעבירים את הכוח החזק בין הקווארקים מהם מורכבים הפרוטונים והניוטרונים בגרעין האטום, והפוטון מעביר את האינטראקציה האלקטרו־מגנטית. ואולם הסבר זה של פעולת כוחות ללא מגע בין הגופים, מעורר בעיות פילוסופיות כבדות משקל. אם כך, בעיית הזיקה בין ישויות פיזיקליות לרוחניות אינה מצטמצמת ליחסי הגומלין בין גופו של האדם לרוחו, אלא שרירה אף בטבע העולם.
לסיכום, ההיגד הרביעי שהציע קמפבל, שעל־פיו ישות רוחנית לא יכולה להיות קשורה לישות גשמית, הוא היגד כוזב. לא מן הנמנע שנפש האדם, הכוללת את כל רכיבי התודעה שאינם ניתנים להעמדה על תהליכים פיזיקליים חישוביים, יכולה ליצור עם גוף האדם יחסי גומלין שאינם בעלי אופי פיזיקלי ידוע. הקשיים בהעמדת התודעה, על כל כישוריה, על בסיס פיזיקלי־חישובי תומכים בטענה זו. אני מאמין שהפיתרון לבעיית הזיקה בין גוף ונפש, שהוא מעבר להשגתנו כיום, יתבהר בעתיד במסגרת כיוון חדש בחקר המוח והמדעים הקוגניטיביים. ■

ביקורת ספרים

אריק גלסנר

כמה שווה קילו תבונה

מרגע שהתבונה הפכה עוד כלי להשגת מטרות, איבדה הפילוסופיה את כוחה המוסרי ומדעי הרוח קרסו מול מדעי הטבע. במקום לקבוע ערך מוסרי, התבונה משמשת כמכשיר תועלתני במאבק קיום והישרדות. ניתוחו המרתק של מקס הורקהיימר מלפני 65 שנה אקטואלי גם בימינו

"ליקוי מאורות התבונה", מקס הורקהיימר, הוצאת שלם.
תרגום: אביעד שטיר

■ מקס הורקהיימר (1973–1895) היה מראשיה של "אסכולת פרנקפורט". החוג הפילוסופי המיוחד הזה, שבדומה לפסיכואנליזה כמעט כל מייסדיו היו יהודים, נוצר בשנות העשרים למאה הקודמת עם היווסדו בפרנקפורט של "המכון למחקר חברתי" (שמ־1930 עמד הורקהיימר בראשו). חברים בולטים נוספים באסכולה מלבד הורקהיימר הם תיאודור אדורנו (עימו כתב הורקהיימר את הספר החשוב "דיאלקטיקה של הנאורות", שהספר הנדון כאן משיק לו), ולטר בנימין, אריך פרום, הרברט מרקוזה וליאו לוונטל.
האסכולה גיבשה ביקורת מעמיקה על החברה בת זמנה – הן הקומוניסטית, הן הפשיסטית והן הליברלית־קפיטליסטית – ביקורת שהושפעה מהמרקסיזם, האידיאליזם הגרמני, הפסיכואנליזה והאקזיסטנציאליזם. המונח "תיאוריה ביקורתית", שטבע הורקהיימר, מבטא את אופי פעילותה האינטלקטואלית של האסכולה כפעילות אנטגוניסטית לתרבות זמנה. הסירוב לַקיים, אמירת הלאו, הביקורתיות – נתפסו על־ידי חלק מחברי האסכולה כתכלית לעצמה.
זו עמדה מוסרית ואינטלקטואלית מסקרנת. אסכולת פרנקפורט לא ראתה ערך ב"ביקורת בונה" דווקא. ההתכוונות הפרגמטית שמקופלת בביטוי "ביקורת בונה", ודאי הייתה נתפסת בעיניה כחלק מהבעייתיות של התרבות הקפיטליסטית. כפי שכותב הורקהיימר בהקדמתו לספר שלפנינו: **"אין המחבר מנסה להציע משהו הדומה לתכנית פעולה. ההפך הוא הנכון. הוא מאמין כי הנטייה המודרנית לתרגם כל רעיון לכלל מעשה היא אחד התסמינים של המשבר התרבותי הנוכחי"**.

בעקבות עליית הנאצים לשלטון, "המכון" וחלק נכבד מחברי הסגל שלו עברו לארה"ב, בה שהו במשך כ־15 שנה. ב־1950 חידשו הורקהיימר ועמיתיו את פעילות המכון בפרנקפורט. האילוץ ההיסטורי הזה, הגירתם הכפויה של חברי האסכולה מאירופה לאמריקה, מעניק ביאור לזווית הראייה המיוחדת שלהם. ביקורתם הקטלנית של חברי האסכולה על תרבות ההמונים או "חרושת התרבות" (ביטוי שהם טבעו לתיאור הפיכתה של התרבות למוצר) האמריקאית ניזונה, כמדומה, מהדמיון שהם זיהו בין אמצעי התעמולה הנאציים לאמצעי הפרסום בקפיטליזם האמריקאי. גם אם התכנים שונים לחלוטין כמובן, ביקרו חברי האסכולה את טשטוש האינדיווידואליות לטובת אחידות וקונפורמיזם, שכופה הן האידיאולוגיה הפשיסטית והן תרבות ההמונים הקפיטליסטית. העמידה הזו בתווך המרחבי בין אירופה לארה"ב, ובתווך ההיסטורי בין שקיעתה של אירופה לעלייתה של המעצמה האמריקאית, מסבירה גם חלק ניכר מייחודו של הטקסט המרתק שלפנינו.
"ליקוי מאורות התבונה", שיצא ב־1946, מבוסס על סדרת הרצאות פומביות שנשא המחבר באביב 1944 באוניברסיטת קולומביה. תשומת הלב לזמן הכתיבה חיונית להבנת הטקסט:
"בעת כתיבת דברים אלו, העמים במדינות הדמוקרטיות מתמודדים עם הבעיות שמעלה מיצוי הניצחון שהשיגו בכוח הנשק [...] ועם זאת, מורגשת באוויר תחושה אוניברסלית של פחד ושל התפכחות. תקוותיו של המין האנושי נראות כיום רחוקות מהגשמה יותר משהיו אפילו בעידן הגישוש, כשההומניסטים ניסחו אותן לראשונה" (מתוך ההקדמה).
הורקהיימר טוען כי יש לברר את משמעות הניצחון הקרב של בעלות הברית. מה בעצם ניצח? איזה רעיון גבר? מה התוכן הפוזיטיבי שמציעות הדמוקרטיות המערביות? הורקהיימר מזהה ואקום רעיוני גדול בלב התרבות המערבית המנצחת. שש־עשרה שנה לפני שטבע הסוציולוג היהודי־אמריקאי דניאל בל את הביטוי "קץ האידיאולוגיה", ושלושים וחמש שנה לפני שהפילוסוף הצרפתי ז'אן־פרנסואה ליוטאר תיאר את "המצב הפוסט מודרני" כאובדן אמון במגה־נרטיבים, דן הורקהיימר בריקון ערכי שהוא מאתר סביבו דווקא בשעה כה חגיגית של ניצחון המערב על היטלר. >>

הורקהיימר מסב את עינינו לכך שבתא הטייס של המטוס המשוכלל שהינו המדינות הקפיטליסטיות־ליברליות המנצחות, אין למעשה טייס – כלומר, אין מי שיכול לענות על השאלה: לאיזה כיוון? טכנולוגיה ותוכן אינם אותו דבר. לא זו בלבד. נדמה שיש פיחות במאמצים ובניסיון להעניק משמעות לקיום החברתי והאישי, ושהחברות המערביות, שיצאו למלחמה בשם עקרונות הומניסטיים, יוצרות בתוכן מנגנונים שמאיימים על ההומניזם הזה בדרכים אחרות.

בספר, המשופע בהברקות ובתובנות מעניינות, כמה תזות וטענות. טענה אחת מבקרת את התפיסה המערבית שהתפתחה במאות השנים האחרונות, ושהורקהיימר רואה את שורשיה כבר בפרקים הראשונים של התנ"ך, לפיה הטבע כפוף לצרכיו של האדם. המערב מגלה חוסר רגישות כלפי הטבע, הוא מנסה "לאלף" אותו. ראיית הטבע כאמצעי, השליטה האלימה בטבע, מובילה לשליטה של אדם באדם ולשליטה אלימה של כל אדם בטבע שבתוכו.

תזה אחרת המופיעה בספר היא ביקורת על מחיקת האינדיווידואל בעידן הקפיטליזם התאגידי ותרבות ההמונים. תזה נוספת, הקשורה בקודמתה, נוגעת לאירוניה שב"קדמה" הטכנולוגית. הורקהיימר מביא משל מאלף לשעבוד שמובילה אליו הקדמה הטכנולוגית: **"יש הבדל לא־קטן בין מידת החופש ברכיבה על סוס למידת החופש בנהיגה במכונית** [...] **ואולם, תוספת החופש הביאה עימה שינוי באופיו של החופש. לעתים נדמה שהחוקים לאין־מספר, התקנות וההוראות שלכולם עלינו לציית, הם הנוהגים במכונית ולא אנחנו. יש הגבלות למהירותנו, יש התראות המזהירות כי עלינו לנהוג לאט, לעצור, להישאר בגבול נתיבים מסוימים** [...] **את הספונטניות שלנו החליף הלך רוח הדוחק בנו להיפטר מכל רגש או רעיון העלול לפגוע במידת הערנות שלנו כלפי הדרישות הלא־אישיות המתנפלות עלינו מכל עבר".**

אבל בספר טענה מרכזית אחת, שאציג אותה תוך עריכת פרפראזה על דברי הורקהיימר.

הטענה המרכזית היא תזה היסטורית מאלפת מתחום ההיסטוריה של הרעיונות. לפי התזה הזו, חל שינוי דרמטי בהבנת המושג "תבונה" במערב במאות השנים האחרונות. עד המאה השמונה־עשרה התקיימו שיטות מחשבה, שדגלו במה שהורקהיימר מכנה "תבונה אובייקטיבית". כלומר, בתפיסה שהתבונה קיימת לא רק בשכלו של האינדיווידואל, אלא גם בעולם האובייקטיבי: ביחסים שבין בני האדם ובין מעמדות חברתיים, במוסדות חברתיים, בטבע על ביטוייו השונים. התבונה היא עיקרון הטבוע במציאות עצמה.

באסכולות המחשבה המשפיעות הללו (השיטות של אפלטון ואריסטו, הסכולסטיקה והאידיאליזם הגרמני, אך בעיקר, כמדומה, מתייחס הורקהיימר למאות הראשונות מאז הרנסנס, כשפותחו רעיון ההומניזם והפילוסופיה הרציונליסטית) נקבעה דרגת התבוניות של

"ספרו של הורקהיימר מתאר את התהליך בגינו החליף המדע את הפילוסופיה במאה העשרים. אבל המדע הוא ניטרלי מטיבו, מזכיר הורקהיימר. ההצהרה כי הצדק והחירות טובים יותר כשלעצמם מן העוול והדיכוי היא, מבחינה מדעית, בלתי ניתנת לאימות"

חיי אדם מסוים על־פי מידת ההרמוניה שלהם עם הכוליות של התבונה המצויה בעולם האובייקטיבי. המאמץ העיקרי של אסכולות מחשבה אלה היה ליישב את הסדר האובייקטיבי של "התבונה" עם הקיום האנושי, הכולל אינטרסים עצמיים ושימור עצמי.

אולם במאות השנים האחרונות, והתופעה הגיעה לשיאה במאה העשרים, מושלת בכיפה תפיסה של התבונה, שהורקהיימר מכנה "תבונה סובייקטיבית". התבונה כעת מתפרשת כיכולת של אדם להבין מה שימושי עבורו. התבונה הזו עוסקת בהתאמת אמצעים למטרות. התבונה הזו אינה עוסקת בערכים: מה ראוי לשאוף אליו? מהו הטוב? מהו היפה? וכו'. רעיונות הפכו למכשירים ולחפצים. משהו שמשמש משהו אחר. גם השפה הורדה למדרגת כלי, כלי אחד מני רבים במנגנון הייצור הענקי בחברה המודרנית. עניינה של התבונה הזו הוא אינסטרומנטלי: סיוע לאינדיווידואל במלחמת הקיום.

הורקהיימר מייחס לשינוי ההיסטורי הזה ערך רב, ומצליח לשכנע בכך. המעבר ל"תבונה הסובייקטיבית" הופך **"את האינטליגנציה לשפחתו של מנגנון הייצור, במקום לאדוניתו"**. "הצדק", "השוויון", "האושר", "הסובלנות" – כל המושגים שבמאות הקודמות היו אמורים להיות חלק בלתי נפרד מהתבונה או להתחייב ממנה – איבדו את שורשיהם האינטלקטואליים.

הורקהיימר מזכיר לנו כי על סמך "התבונה האובייקטיבית" כוננו גם הדמוקרטיות המודרניות. עקרון הרוב, למשל, לא כונן על סמך רוב, אלא על ההנחה שיסוד רוחני אחד או מודעות מוסרית אחת נוכחים בכל בן אנוש. מרגע שהתמוטטה "התבונה האובייקטיבית", שהיוותה את הבסיס הפילוסופי של הדמוקרטיה, ובמקומה הועמד עקרון השימור העצמי, הטיעון שדיקטטורה היא רעה תקף רציונלית רק לדידם של אלו שאינם נשכרים ממנה.

התופעה ההיסטורית שהורקהיימר מתאר, מסבירה גם תופעה חשובה אחרת: נחיתותם של מדעי הרוח ביחס למדעי הטבע במאה העשרים. ביטול יומרתה של הפילוסופיה להעניק ביאור תבוני למציאות הפנה את תשומת הלב ממטרות לאמצעים, וממדעי הרוח האמונים על נתינת משמעות, למדעים המדויקים הדסקריפטיביים. מדעי הטבע עלו לגדולה לא רק בכוחם־הם, אלא משום הוואקום שנוצר במדעי הרוח. ספרו של הורקהיימר הוא, למעשה, גם ספר המתאר את

מקס הורקהיימר

התהליך בגינו החליף המדע את הפילוסופיה במאה העשרים. אבל המדע הוא ניטרלי מטיבו, מזכיר הורקהיימר. ההצהרה כי הצדק והחירות טובים יותר כשלעצמם מן העוול והדיכוי היא, מבחינה מדעית, בלתי ניתנת לאימות.

אחת הנקודות המעניינות בטיעונו של הורקהיימר היא, שהורדת הפילוסופיה מכס המלכות שלה נעשתה דווקא על־ידי פילוסופים. הורקהיימר מתעמת בהרחבה עם שתי מגמות פילוסופיות רבות עוצמה במחצית הראשונה של המאה העשרים: הפוזיטיביזם הלוגי והפרגמטיזם האמריקאי. שתי המגמות, כל אחת מכיוון אחר, התקיפו את יומרתה של הפילוסופיה להעניק ביאור מטפיזי כולל לקיום.

הורקהיימר מציין בחריפות כי הפילוסופים הללו מעריצים את המדע יותר משאנשי המדע עצמם, המודעים למגבלותיו, מעריצים את תחומם־הם. הוא טוען בצדק רב שהמהלך הפילוסופי האנטי־פילוסופי הזה מותיר את הפילוסוף נטול יכולת אתית, ולמעשה חסר אונים פילוסופיים מול תופעה כמו הפשיזם (גם אם באופן אישי הוגים פרגמטיסטיים ופוזיטיביסטיים נאבקו בפשיזם או נרדפו על־ידיו). הפרגמטיזם, לפי ביקורתו של הורקהיימר, הוא פילוסופיה שמאמצת את רעיון התבונה כאינסטרומנט: רעיון בעל ערך, לפי הפרגמטיזם, הוא רעיון שניתן לעשות בו שימוש מעשי. הפרגמטיזם והפוזיטיביזם, בניתוחו של הורקהיימר, הינם קונפורמיסטיים. מה ש"עובד", ש"מצליח", הוא גם רציונלי וראוי.

כך אובדת היכולת של הפילוסופיה להתייצב כנגד המציאות, למתוח עליה ביקורת בשם עולם אידיאלים אוטופי. יש קשר הדוק בין הדרוויניזם לפרגמטיזם (ואכן הוגיו המובהקים, כמו ויליאם ג'יימס, הושפעו מהדרוויניזם), טוען הורקהיימר: שניהם אינם רואים תכלית אחרת מלבד הישרדות, ושניהם רואים את התבונה ככלי בידי יצר ההישרדות הזה.

אבל הורקהיימר גם נאבק במגמה פילוסופית הפוכה לפרגמטיזם ולפוזיטיביזם, והיא השמרנות התרבותית. השמרנות הזו, שהבינה היטב שריקון משמעותה של התבונה יכול להוביל לניהיליזם, צידדה, לפיכך, בדבקות בדרכי חיים מסורתיות. התמרון האינטלקטואלי של הורקהיימר מורכב מאוד, אם כן. מטרתו של הורקהיימר היא לבקר את הנטישה הפילוסופית של הפילוסופיה, מבלי לגלוש לשמרנות גרידא או להידרדר לפשיזם. כי דיבור על "ערכים" עולה, כמובן, בקנה אחד גם עם "התשובה" שנתן הפשיזם למשבר הערכים האירופי. הורקהיימר גם מודע לכך ש"המעבר מתבונה אובייקטיבית לסובייקטיבית לא היה סתם תאונה", ואין דרך פלאים להשיב באחת את הפילוסופיה והתבונה האובייקטיבית על כנן.

באחד החלקים המעניינים בספר הורקהיימר מנתח את שאיפתה של "התבונה האובייקטיבית" להחליף את הדת. המאמץ של הפילוסופיה הרציונליסטית, למשל, היה לנסח תורה על האדם והטבע שתוכל למלא – לפחות עבור המעמדות הגבוהים – את התפקיד האינטלקטואלי שמילאה הדת קודם לכן. אחד הרעיונות המזהירים בספר, אם כי הוא לא מפותח עד תום, גורס, כי הכוח שהיה ל"תבונה האובייקטיבית" עד המאה השמונה־עשרה נבע מהאנרגיה שהייתה דרושה לה להתעמתות הזו, קונפליקט שבאופן פרדוקסלי, גרם לאבסולוטיות הדתית "לחמם" בחומה האובייקטיבי את אותה מערכת שבאה להחליף אותה.

אם להמשיך מעט את הטיעון של הורקהיימר, הרי שהמעבר ל"תבונה סובייקטיבית" הוא בעצם החרפה של תהליך החילון: השמטת הקרקע מתחת לכל הוודאויות האובייקטיביות: הדתיות והחילוניות כאחת.

דומה, לכן, כי ספרו של הורקהיימר רלוונטי לימינו אלה לא פחות משהיה לעידנו. אציין שתי סיבות עיקריות: "המלחמה בטרור" והרטוריקה שליוותה אותה במערב בעשור האחרון, רק חידדו את הצורך לנסות ולהגדיר באופן פוזיטיבי על מה בעצם נלחמים. משבר הלגיטימציה שמתאר הורקהיימר בשלב מוקדם כל־כך הינו מאפיין מרכזי בחברות המערביות בעידן הפוסט מודרני. דיון במשבר הזה קיבל דחיפות מיוחדת עם היווצרות הצורך של הדמוקרטיות הללו להגן על עצמן. כפי שהורקהיימר ממחיש, לא ניתן להגן על הדמוקרטיה וערכיה מתוך עמדה רלטיביסטית. הביקורת של הורקהיימר על השמרנות של זמנו רלוונטית גם בכך, שהיא אינה מאפשרת לנו להתנחם בקלות בפתרונות הניאו־שמרניים של זמננו, שניתנו כמענה למצוקת הלגיטימיות המוזכרת.

הביקורת של הורקהיימר על עליית המדע על חשבון הפילוסופיה רלוונטית בעידן שלנו שבעתיים. אנחנו שטופים ברטוריקה של "פרוגרס" מדעי־טכנולוגי, כשבעצם איננו יודעים לאן אנחנו מתקדמים ולשם מה. האינטרסים של הרטוריקה הזו, לפיה, למשל, החלפת טלפון נייד אחד במשנהו היא קדמה ואפילו התקדמות בדור שלם – הם כלכליים. הרטוריקה הזו מסמאת את עינינו מראות, שהטכנולוגיה אינה יכולה לענות על השאלות הבסיסיות של המין האנושי: כיצד נהיה מאושרים? כיצד ייווצר צדק? כיצד ניצור משמעות לחיינו?

הורקהיימר מזכיר לנו ששאלות אלה הן החשובות. הוא מזכיר לנו את קיומה של עמדה מרעננת לפיה התבונה היא מלכה, ואילו התבונה האינסטרומנטלית – שפחתה בלבד. ■

אריק גלסנר הוא מבקר ספרות וסופר

אורלי שנקר על הצייר מיטש בקר

אמת דיברתי

פורטרט עצמי של משפט: הרהורים על פרדוקס ורציונליות מול דיוקן עצמי של האמן מיטש בקר

■ **"כזה אני"**, כך מכריז פורטרט עצמי, כמו למשל זה של **מיטש בקר**. פורטרט עצמי יכול להיות גם מילולי, כמו זה של רחל המשוררת: **"כזאת אנוכי: שקטה כמימי אגם, אוהבת שלוות חולין, עיני תינוקות ושיריו של פרנסיס ז'ם"**.

גם המשפט **"אני שקרן"** הוא פורטרט עצמי מילולי של הדובר; אולם פורטרט זה מעיד לא רק על הדובר, אלא גם על המשפט שאותו ביטא אותו דובר: שהרי מקופלת בו האמירה **"משפט זה (שאותו אני אומר כעת) הוא שקרי"**. אמירה זו כבר אינה פורטרט עצמי של הדובר, אלא היא בבחינת **פורטרט עצמי של משפט**: זהו משפט המתאר את עצמו, ומעיד על עצמו שהוא שקרי. משפט זה ידוע בשם **"פרדוקס השקרן"**.

מדוע פרדוקס? באיזה מובן המשפט "משפט זה הוא שקרי" הוא פרדוקסלי? (לשם הקיצור, נכנה משפט זה בשם P). כדי להבין זאת, נניח תחילה ש־P הוא אמיתי. הנחה זו פירושה שאנו מקבלים את מה שנאמר בו, כלומר **נקבל ש־P שקרי**. ואולם, אם אנו מקבלים ש־P שקרי, עלינו לדחות את מה ש־P אומר לנו; ואם כך – עלינו **להסיק ש־P אמיתי**. בקיצור, **הסקנו ש־P גם אמיתי וגם שקרי**. סתירה.

פרדוקס השקרן ופרדוקסים דומים לו מטרידים את הפילוסופים קרוב לאלפיים שנה. הם מתוארים **כמאיימים על עצם הרציונליות** של חשיבתנו, מכיוון שהם מובילים לסתירה עצמית. לסתירות עצמיות יש תכונה מיוחדת במינה – האפשרות להוכיח דבר וגם את היפוכו. כך אנו נאלצים להתמודד עם אוסף אמונות שאינן מתיישבות זו עם זו. אימוץ של מערכת אמונות לא־עקבית נחשב אי־רציונלי, ובאופן זה מאיים "פרדוקס השקרן" על הרציונליות שלנו.

מצד שני, אם נתבונן במשפט "משפט זה הוא שקרי" – נתקשה למצוא מה בדיוק לקוי בו; שהרי על פניו הוא נראה תקין לגמרי מבחינה דקדוקית. מתעורר, אפוא, **קונפליקט** בין הרושם הראשון שלפיו המשפט P הוא תקין ובמובן זה הוא יכול להיות חלק לגיטימי של השפה, לבין התוצאות ההרסניות של קבלתו של P כלגיטימי.

כדי לפתור את הבעיה יש לזהות בשלב ראשון מה הופך את משפט P לבעייתי כל־כך. אחת ההשערות שהועלתה בעניין זה היא שמקור הבעייתיות של P הוא העובדה ש־P מתייחס לעצמו. ואולם יש משפטים המתייחסים לעצמם, שאינם בעייתיים. דוגמה לכך היא המשפט הבא (שנכנה בשם Q): **"משפט זה (שאותו אתם קוראים כעת) הוא אמיתי"**. משפט Q דומה מאוד למשפט P, אך הוא אינו פרדוקסלי: אם נניח ש־Q הוא אמיתי, נקבל את תוכנו ונסיק שהוא אכן אמיתי. ואם נניח ש־Q הוא שקרי, נדחה את תוכנו ונסיק שהוא אכן שקרי. אם כן, לא עצם ההתייחסות העצמית מאיימת על העקביות של אמונותינו. מהו, אפוא, מקור הבעיה ואיך אפשר לפתור אותה?

המאמצים לפתור את הקושי שמעורר "פרדוקס השקרן" הובילו למגוון עשיר של רעיונות. כיוון חשיבה אחד מנתח את המבנה של משפט P ומבקש להראות שמבנה זה לא מוביל לסתירה עצמית. דוגמה מפורסמת לכך היא גישתו של הלוגיקן אלפרד טארסקי, אשר הציע להקפיד על היררכיה בתוך משפט P באופן הבא: ל־P יש בעצם שני תפקידים. P הוא כינויו של המשפט "P שקרי", ו־P גם מופיע בתוך המשפט. אם מקפידים על הבחנה בין שני התפקידים, אומר טארסקי, לא מתקבלת המסקנה הסותרת. כיוון אחר של פתרון ל"פרדוקס השקרן" הוא הטענה שהדבר שאליו מוביל המשפט P אינו "גם אמת וגם שקר", אלא הוא "לא אמת ולא שקר" – ומצב זה אינו סתירה עצמית. כיוון חשיבה שלישי ושונה לגמרי הוא להסכין עם חוסר עקביות בחשיבתנו. שהרי **פרדוקס הוא פורטרט עצמי לא מחמיא**, אשר מזמין אותנו להשתנות או להשלים עם המצב.

מיטש בקר הוא צייר פיגורטיבי ריאליסטי המצייר מתוך התבוננות באובייקטים. בעידן שבו אנשים רגילים לתת מבט חטוף בדברים ולהמשיך הלאה, הוא רוצה לגרום לצופה להתעכב מול תמונה במשך כמה דקות. האמן מתבונן במשך זמן רב באובייקט המצויר, והציור של בקר אמור להעביר אל הצופה תחושה זו של התבוננות ממושכת ועמוקה, שמבדילה בין ציור לצילום. את הדיוקן העצמי צייר בקר על־פי מסיכת גבס, כשברקע מופיע אזכור לציור של רותקו שהיה תלוי במכון לאמנות בשיקגו, שם למד בצעירותו.

orly.shenker@gmail.com

ד"ר אורלי שנקר, חוקרת ומלמדת פילוסופיה של המדע, הפיזיקה והמוסר, חברה בוועדה המייעצת של כתב־העת "אודיסאה"

מיטש בקר, דיוקן עצמי, שמן על בד, 1997.

דודי גולדמן

מחליפים דת

האם המדע רציונלי? האם העיסוק המדעי חושף את האמת? לפני 58 שנה פרסם תומאס קון את אחד הספרים שהשפיעו על דורות של סטודנטים וחוקרים להאמין כי, כמעט כמו דת, גם המדע אינו אובייקטיבי ואין למעשה קשר בין עבודת המדענים לבין האמת והמציאות

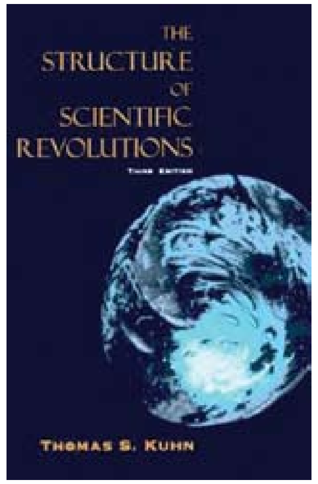
■ עובדות הן עובדות. טבען של עובדות, שאינן משתנות עם הזמן. חוקי הטבע כשמם כן הם – חוקים מן הטבע, שאין דרך לשנותם ובוודאי שלא להחליפם. תיאוריה מדעית היא נצחית, ולכל היותר נגלה בחלוף הזמן תוספות ועדכונים שישפרו ויוסיפו על מה שכבר גילינו בעבר.

עד לפני כ־60 שנה זו היתה תפיסת המדע המקובלת. אידיאליזציה של מדענים גיבורים המעבירים את לפיד הידע מדור לדור, כאשר האש רק הולכת ומתגברת, שופכת אור על פינות אפלות ומכוונת אותנו אל הידיעה המוחלטת והסופית. את תפיסת המדע הזו למדו באדיקות סטודנטים באוניברסיטאות. בהכללה, מדובר בקו רציף (עם כמה פיתולים קטנים) המוביל מאפלטון ופיתגורס דרך תלמי, קפלר וקופרניקוס עד ניוטון ועד תחילת המאה ה־20. הסטודנטים למדו שמדענים בכל הזמנים עסקו באותה עבודה עקרונית – איסוף נתונים, הצעת השערות ובדיקתן וקביעת חוקי הטבע. אופיים, מוצאם ותרבותם של המדענים כלל לא היו רלוונטיים לעשייה המדעית.

המאה ה־20 חוללה מהפכה דרמטית בתפיסה זו של המדע. אחד ממובילי המהפכה הוא **תומאס סמואל קון**, פיזיקאי תיאורטי שהתפרסם דווקא בגלל ספר היסטורי־סוציולוגי. בשנת 1962 זעזע קון את עמיתיו המדענים כשפרסם ספר דק שנשא את השם "**המבנה של המהפכות המדעיות**". תוך זמן קצר הפך הספר לקלאסיקה ושינה את הדרך שבה תופסים ומבינים אנשי מדע את עבודתם.

את התזה שבספר פרסם קון תחילה כמונוגרפיה ב"אנציקלופדיה המאוחדת למדעים" של אוניברסיטת שיקגו – *the International Encyclopedia of Unified Science*. המאמר זכה לעניין רב וחולל ויכוח שחרג מגבול הדיון האקדמי ולווה ביצרים ובכעסים. הוצאת הספר השלם באותה שנה זכתה להצלחה גדולה, אבל לא התקבלה בהתלהבות לפחות על־ידי קבוצה גדולה של חוקרים שעסקו בפילוסופיה של המדע. אלו ראו בתזה של קון לא רק ניתוח מטעה של תולדות המדע, אלא גם מעשה חבלה באתוס המדעי.

לימים סיפר קון כי הרעיון שבספר נולד במוחו כבר בשנת 1947, כאשר התבקש ללמד סטודנטים בפקולטה למדעי הרוח בהרווארד את תולדות המדע. כמרצה צעיר וחרוץ שלקח את עבודתו ברצינות,



המבנה של המהפכות המדעיות / כריכת ספרו של תומאס קון

שקד קון על הכנת מערך השיעורים וחיפש חומרים על התפתחות המדע. הוא גילה להפתעתו שקשה למצוא ספרי מדע ישנים. בעיקר קשה היה למצוא ספרי מדע שבהם מוסברות תיאוריות ששלטו זמן רב בתחומי המדע והתבררו בהמשך הדרך כבלתי נכונות.

התגלית השולית הזו הובילה את קון לרעיון שהמדע, בניגוד למה שחושבים, אינו מתקדם צעד אחר צעד במסלול ליניארי ובוודאי שאינו הצטברות של ידע תיאורטי שכבה על גבי שכבה, כאשר כל שכבה מתבססת על קודמתה. המדע, טען קון ברעיון המרכזי בספרו, מתקדם בקפיצות ובעצם במהפכות שאינן קשורות לאמת או לטבעו של העולם, אלא לאופי הקהילה המדעית.

קון הציע את המונח פרדיגמה כשם כולל למערך החשיבה והמחקר הכולל פילוסופיה של המחקר, בסיסי נתונים מחקריים, מתודה ושיטות ניסוי, שפה פנימית, השערות וחוקים המהווים ביחד תחום מדעי. קון הוסיף, כי אי אפשר לערוך השוואה בין פרדיגמות מדעיות שונות, מאחר שכל אחת מהן מגיעה מעולם אחר. הפרדיגמה שולטת בתחומה לאורך זמן, לעיתים אפילו מאות שנים, עד לרגע שהיא קורסת ומתחלפת בפרדיגמה שונה לחלוטין.

קון ניסה לזהות ולאפיין את גורמי הקריסה ואת המהפכה המתחוללת במדע בעקבות קריסה זו. השאלה המרכזית שהעלה היתה איך מתחלפת אמת אחת באמת אחרת חדשה? כיצד קורה שלפתע משתכנעים כולם כי תיאוריה שהוכרזה בביטחון כאמיתית היא מוטעית וכי תיאוריה חדשה מסוגלת להחליפה בהצלחה?

הדוגמה הקלאסית היא כמובן הקוסמולוגיה הגיאוצנטרית שטענה כי כדור הארץ הוא מרכז היקום, קוסמולוגיה שניסח תלמי במאה הראשונה ושנחשבה כאמת מוחלטת במשך כ־1,500 שנה. כל

הקוסמולוגים פעלו במסגרת פרדיגמה זו והסבירו דרכה בהצלחה את תנועת השמש והכוכבים. כשניסח קופרניקוס (1473–1543) פרדיגמה מהפכנית, לא משלימה או שונה, אלא הפוכה – קוסמולוגיה הליוצנטרית שלפיה כוכבי הלכת נעים סביב השמש, לא היתה כל סיבה אמיתית להעדיף את הסבריו על אלו של תלמי. המפץ הפרדיגמטי שחולל קופרניקוס נעשה לא בדרך של הוכחות "מדעיות בתוך הפרדיגמה", אלא בעיקר באופנים סוציולוגיים, אסתטיים, פסיכולוגיים ותרבותיים.

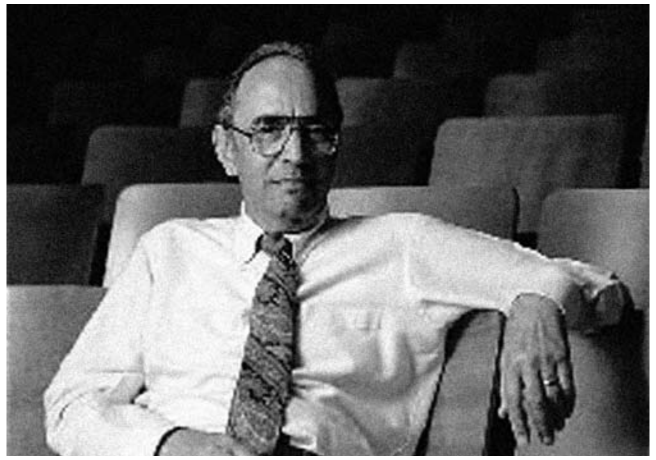
מדען הפועל במסגרת פרדיגמה, טוען קון, שואל שאלות מסוימות ובוחר להסתכל על תופעות מסוימות. הפרדיגמה מכוונת את נקודת המבט ויוצרת השקפה מוקדמת על התופעות. כל עוד כולם מרוצים אין כל סיבה לחרוג מנקודת מבט זאת, אבל ברגע שנוצר משבר – למשל תופעות שקשה להסבירן או כישלון של ניסוי המתקיים במסגרת הפרדיגמה – או־אז מבשילה הקרקע למהפכה ובעצם להשלכת ולהחלפת הפרדיגמה הישנה.

במילים אחרות, החלטות תרבותיות, סוציולוגיות ופסיכולוגיות חיצוניות למדע משפיעות על אופי המחקר ועל תוצאותיו. לפיכך אין פלא, שמדענים ופילוסופי מדע החרדים לאתוס האידיאלי שהצגנו בתחילה נעמדו על רגליהם האחוריות בהתנגדות לרעיונות שהציע קון.

קון הסביר בספרו כי בימים "רגילים", פועל "המדע "התקין", במסגרת הפרדיגמה המדעית השלטת וכי ההתקדמות נעשית באמצעות פתרון חידות בדרכים מקובלות ומוסכמות של מחקר, השערות ניסוי ותגלית. התהליך בשלב זה בהחלט יכול להיות ליניארי, צבירת ידע על גבי ידע והתקדמות רציפה.

מהפכה מדעית מתחוללת רק כתוצאה של משבר בפרדיגמה. משבר כזה יוצר אי־התאמה בין התחזיות לבין התופעות ואז מתחילה תקופת דמדומים, שבה מנסות תיאוריות שונות לקבל לגיטימציה. הדרך שבה מתרחשת מהפכה אינה קשורה בדרך כלל לגוף הידע המדעי, וקון מכנה אותה באירוניה מסוימת כהמרת דת. כך קרה בפיזיקה, כאשר תורת היחסות של איינשטיין הגיחה לעולם שבו שלטה הפרדיגמה הניוטונית, וכך קרה לפלוגיסטון, שנחשב במשך עשרות שנים כחומר בעירה שקוף וחסר טעם, צבע וריח, ועל הנחת קיומו פעלה הכימיה במשך שנים ארוכות, עד שהגיע לבואזיה וגילה שאין כלל חומר כזה, אלא חמצן שקיים באוויר בשיעור קבוע.

הפצצה התיאורטית של קון הוטלה גם לעברו של פילוסוף המדע המוביל, קרל פופר. פופר הציג מתודה מדעית המתבססת על השערה והפרכה, מתודה שאמנם אינה יכולה להוביל אותנו אל האמת הסופית והמוחלטת, אבל בהחלט מקדמת אותנו שלב אחרי שלב לקראת ידיעה טובה יותר. המדע מתקדם בצורה ליניארית, כמו בניין הנבנה קומה על גבי קומה.



תומאס קון / ויקישיתוף

המדע על־פי קון אינו תהליך של חשיפת אמת מתמשכת שבה חוקרים עקשנים מבלים אלפי שעות במעבדות עד לפיצוח חידה הניצבת בפניהם. התהליך המדעי על־פי קון דומה יותר לתחרות שבה כל צד בוחר כלי משחק ומנצל את חולשת חברו כדי להכריז בעזרת קבוצת האוהדים שלו על הניצחון. התיאוריה של קון השתלבה, גם אם בניגוד לרצונו, במגמת הרלטביזם והפוסט־מודרניזם שחלחלה למדע. חסידי הרלטביזם ראו בו אחד משלהם. הנה, אמרו בהנאה, זו ההוכחה שהמדע הוא מלאכה אינטלקטואלית ככל עשייה אנושית, וממצאי המדע אינם אובייקטיביים, אלא תלויי זמן ומקום, כשהמדענים פועלים בתוך מסגרת סוציולוגית ותרבותית. לכן המדע אינו רציונלי יותר מטקסי וודו למשל.

באחד המפגשים הפילוסופיים הפומביים שנערכו באוניברסיטה בשנות ה־60 התעמתו על הבמה קבוצת חסידי קון וקבוצת חסידי קרל פופר. תומכי קון דיברו בזכות ריבוי האמיתות והמאבק בין תיאוריות מדעיות לגיטימיות. באחד המושבים ישב כצופה גם קון עצמו. בעוד הוויכוח על הבמה מתלהט, קפץ קון ממקום מושבו וקרא בגרון ניחר: "אני עצמי אינני קוניאני". קון המשיך לראות תמיד במדע את הדרך הטובה ביותר לחשיפתה של האמת ויצא נגד כל מי שהשתמשו בתיאוריה שלו כדי לבטל את תקפות המדע ויכולתו לפענח את הטבע והיקום.

היום, כאשר אנחנו עומדים בפתחו של עידן חדש של ביולוגיה סינתטית, שאת אופק פיתוחיו קשה בכלל לדמיין, וכאשר פיזיקאים בכל העולם ממתינים לתוצאות הניסוי של מאיץ החלקיקים בסרן, שעשוי לאשש או להפריך את "המודל הסטנדרטי" של הפיזיקה, התיאוריה של קון בדבר אופיין של מהפכות מדעיות מרתקת, רלוונטית ומסקרנת יותר מתמיד. ■

דודי גולדמן הוא הכתב לענייני מדע של "ידיעות אחרונות"

יוסי יונה

שובו של מרטן גר

איש זר חוזר לאישה שננטשה לפני שנים רבות, ומצהיר: אני בעלה. פרופסור יוסי יונה מוצא בסרט "שובו של מרטן גר" בסיס לדיון בהגדרות הפילוסופיות של זהות, אותנטיות ואמת

"שובו של מרטן גר", 1982, נטליביי וג'ראר דפרדייה / תמונה מתוך הסרט

■ ה"אני", אותו מושג מעורפל שאיש אינו יודע להגדירו במדויק, מלווה אותנו כל חיינו. תאי גופנו מתחלפים בתדירות גבוהה, אמונותינו משתנות, אנו מחליפים מקצוע, משנים עקרונות מוסר, נישאים, מתגרשים, נישאים שנית – ולמרות כל זאת אנחנו דבקים באמונה של"אני" שלנו זהות אחת, קבועה ואמיתית, והיא זו המלווה אותנו מלידה עד מוות.

האם קיימת בכלל זהות קבועה? מה מגדיר אותה? האם ניתן להתנתק ממנה? להחליפה? כמה פעמים בחיינו אנחנו חוזרים על הביטויים "אני מחובר לעצמי", "אני שלם עם עצמי", אבל גם "אני מנוכר לעצמי" – כולם מקפלים בתוכם את ההנחה שקיימת זהות אמיתית, גם אם האדם, עקב סיבות כאלו או אחרות, מתנתק ממנה. הפילוסופיה משתמשת בהקשר זה במושג האותנטיות, שאיננה משקפת "בראשית אנתרופולוגית", אלא את נאמנות היחיד לעצמו ואת דבקותו במאוויים, במטרות ובערכים האמיתיים הראויים לכונן את זהותו. אדם אותנטי שומר, אפוא, על מרכיב פנימי עמוק של זהותו. אדם משולל אותנטיות לוקה בזהות משתנה. אי אפשר להכירו. ודאי שלא להאמין לו.

הקולנוע הולך בעקבות הפילוסופיה ומרבה לעסוק בשאלת הזהות. סרטים רבים מתמודדים עם השאלות הנובעות מדיון זה: האם קיימים מאוויים, מטרות וערכים קבועים מראש המספקים את "החומרים" שמהם מעוצבת זהותו של האדם? האם הם קיימים באופן עצמאי ותפקידנו לחשוף אותם כפי שיורדי ים מגלים יבשות חדשות וכפי שאסטרו־פיזיקאים מגלים כוכבים חדשים ביקום; או שסך כל מרכיבי הזהות אינם אלא מערכת אקראית, משתנה על ציר הזמן, שאינה מסוגלת להתגבש לכלל מהות מוגדרת וקבועה?

פסיכולוגים מודרניים טוענים שהזהות היא "פרויקט אישי של בנייה". לטענתם, האדם המודרני מחליף זהויות לעיתים קרובות. לנוכח כל מצב הוא בונה זהות אחרת, מתאימה לתנאים השונים, תוך הזדהות מלאה עם הזהות החדשה. "עכשיו אני אדם אחר לחלוטין", אומר האסיר לוועדת השחרורים. "האיש הזה איננו האדם שנישאתי לו", אומרת האישה המבקשת להתגרש מבעלה.

האם יתכן שינוי כזה? מי צודק – אלה הגורסים שקיים "אני" אמיתי, אותנטי, שהאדם אמור לגלותו ולחיות לאורו, או אלה הסבורים שה"אני" הוא ישות מזדמנת ומשתנה, שהאדם בורא ומעצב מתוך מְצַאי אינסופי של אפשרויות?

זהות בדויה?

כמעט 500 שנה חלפו מאז התרחש האירוע, ועד היום הוא מסעיר את דמיונם של פילוסופים, סופרים ובמאֵי קולנוע. סיפורו המדהים של מַרטֵן גֶר זכה לתיעוד נמשך, בספרות במחזות, ובעיקר בעיבודים קולנועיים כמו "שובו של מרטן גר" Le Retour de Martin Guerre (1982) בכיכובו של ז'ראר דפארדייה, ובאדפטציה ההוליוודית Sommersby (1993), בכיכובם של ג'ודי פוסטר וריצ'רד גיר, שמיקמה את העלילה בסוף מלחמת האזרחים האמריקאית.

הקולנוע תמיד אהב לעסוק בזהות האישית ובטבעה החמקמק. כך בסרט "חמים וטעים" (1959) בכיכובם של מרלין מונרו, טוני קרטיס וז'ק למון, ב"טוטסי" (1982), עם דסטין הופמן וג'סיקה לנג, ב"זליג" (1983), בכיכובו של וודי אלן, ב"משחק הדמעות" (1992), ב"עימות חזיתי" (1997) ובסרטים רבים אחרים

מרטן הוא בן למשפחת דאגר שהעתיקה בשנת 1527 את מקום מושבה מהאזור הבאסקי של צרפת לכפר ארטִיגָא שלמרגלות הפירנאים. שם החליפה המשפחה את שמה ל"גר". הורי הנער מוצאים לו שידוך הולם עם בֶּרטראנד דה־רול היפיפייה, בת למשפחת איכרים אמידה. הזיווג אינו עולה יפה. למרטן נולד אמנם בן, אך פרט להצלחה זו מתברר שביחסים בינו לבין הנערה שנישא לה הוא אימפוטנט. בני הכפר לועגים לו ללא הרף, וכאילו לא די בכך, אביו מגלה שהוא גנב שקי קמח מן האסם שלו, מעשה שהחברה הבאסקית מגדירה כעבירה נושאת קלון. האיש הצעיר מתקשה להתמודד עם ההשפלות ולבסוף נוטש את אשתו ואת בנו סאנקסי ונעלם בלי להשאיר עקבות.

שמונה שנים לאחר מכן מגיע לכפר אדם זר ומציג עצמו בשם מרטן גר. הזר מבקש להתאחד עם משפחתו ולחזור לאשתו. חזותו החיצונית של האיש שונה לחלוטין מזו של מרטן גר, ואף־על־פי־כן, כשהוא מפליא להפגין שליטה מלאה ומרשימה בפרטים אינטימיים הנוגעים לעברו ולעברם של האנשים שעימם בא במגע בעבר, ובמיוחד עם אשתו, ברטראנד – הוא מצליח לשכנע את בני הכפר שהוא־הוא מרטן גר האמיתי.

את האישה הנטושה אין לזר קושי מיוחד לשכנע. היא שמחה להאמין שזכתה לקבל את בעלה מחדש. בחלוף הזמן מתגלע סכסוך בין מרטן גר לבין דודו, אחי אביו, פייר גר. העילה לסכסוך היא טענתו של מרטן, כי דודו עשק אותו בהיעדרו. האשמה זו מחלצת מפייר את החשד המקנן בו כל הזמן. האיש אינו מרטן, הוא טוען בלהט. הוא מתחזה. פייר משדל את ברטראנד לתבוע את האיש בגין התחזות, אך ברטראנד איננה מוכנה. היא עצמה כבר הבינה מזמן כי האיש שהיא חיה איתו אכן מתחזה, אך בעיניה החיקוי עדיף על המקור. היא אוהבת את הזר. בניגוד לבעלה האמיתי, הוא מאהב מוצלח, דואג לרווחת משפחתו ומצליח להתחבב על אנשי הכפר. עד מהרה נולד פרי אהבתם: בת בשם בֶּרנארד.

אך לחציו ואיומיו של פייר גוברים, וכיוון שברטראנד חוששת מאוד שמא כאשר תתגלה זהותו האמיתית של בעלה היא עצמה תואשם בניאוף מדעת, היא נכנעת לדרישתו של הדוד ומגישה לבסוף תביעה. בית המשפט בארטיגא דן בתביעה, ולמרות מאמצי השכנוע

"מגיע לכפר אדם זר ומציג עצמו בשם מרטן גר. הזר מבקש להתאחד עם משפחתו ולחזור לאשתו. חזותו החיצונית של האיש שונה לחלוטין מזו של מרטן גר, ואף-על-פי-כן, כשהוא מפליא להפגין שליטה מלאה ומרשימה בפרטים אינטימיים הנוגעים לעברו ולעברם של האנשים שעימם בא במגע בעבר, ובמיוחד עם אשתו, ברטראנד – הוא מצליח לשכנע את בני הכפר שהוא-הוא מרטן גר האמיתי"

המרשימים של "מרטן גר" קובע כי הוא מתחזה, וכי הוא למעשה ארנו דו טיל, נוכל רב פעלים והולל ידוע.

מרטן גר – כלומר ארנו דו טיל – מערער לבית המשפט המחוזי בטולוז, ושם מחליט השופט קוראס (Coras), שלימים כתב את אחד הספרים הראשונים שעסקו בפרשה זו (Arrest Memorable), לקיים משפט חוזר. הוא מזמן עשרות מבני הכפר להעיד, ואלה חלוקים בדעותיהם. בתום העדויות נוטה השופט לקבל את טענתו של ארנו דו טיל שהוא אכן מרטן גר. עד כדי כך הוא מתרשם מן האיש ומכנותו. חשבתי, כתב קוראס לימים, שלא תיתכן התחזות כה מלאה ומושלמת.

ימים ספורים לפני שהוא נותן את פסיקתו הסופית, שאמורה לקבוע כי האיש העומד למשפט הוא-הוא מרטן גר ולא אחר, מופיע לפתע בבית המשפט מרטן גר האמיתי, צולע על רגל מעץ. למראה בעלה פורצת ברטראנד בבכי תמרורים ומתחננת על נפשה. אכן, היא אומרת, האיש הזה, הקיטע, הוא בעלה, אך להגנתה היא טוענת שלא ידעה שהיא חיה עם מתחזה, ושבעצם נפלה קורבן להונאה מתמשכת מצדו של ארנו דו טיל. השופט גוזר על ארנו דו טיל גזר דין מוות והוא מוצא להורג בתלייה. עד לרגע מותו תמך ארנו דו טיל בגרסתה של ברטראנד גר. היא, כך העיד, נפלה קורבן להתחזותו ולהעמדת הפנים שלו. במשך כל השנים שבהן חיו יחד היא האמינה באמת ובתמים שהוא בעלה, שהוא מרטן גר.

רוסו נגד סארטר

סיפורו מרטן גר אינו תיאור של התחזות פשוטה, שבמהלכה מאמץ אדם זהות בדויה כמסכה על פניו ומסיר אותה בכל עת שיחפוץ. מדובר במקרה בו האדם נטמע לחלוטין בזהות בדויה ומזדהה עימה לחלוטין. למעשה, זהותו זו הופכת להיות זהותו שלו, לטוב ולרע.

כיצד מסייע לנו סיפורו של מרטן גר בליבון המחלוקת הפילוסופית על טבעה של הזהות? אציג בקצרה את עקרונות המחלוקת הפילוסופית ואנסה להצביע על תרומתו של מרטין גר להבנתה.

ז'אן-ז'אק רוסו מייצג במחלוקת את העמדה המודרניסטית. לטענתו, תהליך כינון הזהות האישית מאפשר להוציא אל הפועל את אשר קיים כבר בכוח. את מקורות התפיסה הזאת ניתן לראות בכתביו של אפלטון, שגרס כי תפקידו של החינוך אינו אלא להכשיר את בני האדם לפעילות ולעיסוקים העולים בקנה אחד עם מהות הטבועה בהם מראש, כל אדם ומהותו.

רוסו פוסע בעקבות אפלטון, אחד הפילוסופים הנערצים עליו, וקובע שאותנטיות אישית היא עניין של התחברות עם מהות פנימית ייחודית לכל אדם. "**לכל מוח אנושי תבנית משלו**", הוא קובע בחיבורו המונומנטלי "**אמיל**". תהליך חשיפת תבנית פנימית זו מורכב, ולעיתים קרובות מועד לכישלון. כדי למנוע את הכישלון יש צורך לוודא ש"**זרע אופיו**" של האדם ייחשף במלואו. לשם כך על האדם ליהנות מחופש מרבי; עליו להתגבר על ההשפעות המזיקות של החברה ועל מוסכמותיה הנפסדות. אם לא יתגבר על מכשלות אלה – יגיע לניכור ולאובדן האותנטיות.

ז'אן-פול סארטר דוחה את התפיסה הזאת. הקיום, הוא קובע, קודם למהות. קביעה זו ניצבת בבסיס משנתו האקזיסטנציאליסטית. זהותו העצמית של האדם, לדעתו, היא פועל-יוצא של חירותו, והיא מאפשרת לו ללוש ולעצב את זהותו בדרכים אינספור. אין לאדם "עמוד אש" שיראה לו את הדרך אל "זהותו האמיתית", ואף לא באחת מן הדרכים בהן ילך טמון גילוי של מהות כלשהי הקבועה מראש.

סארטר דוחה מכל וכל את הגישה התיאיסטית, כמו גם את הדהודיה בגישות חילוניות, הגורסת כי "אדם פרטי הינו מימוש של מושג מסוים השוכן בשכל האלוהי". "**האקזיסטנציאליסט**", הוא אומר, "**חושב שכל אדם נידון ליצור את האדם בכל רגע ורגע**". תפיסתו של סארטר זכתה לעיבוד רדיקלי של פילוסופים פוסט-מודרניסטים, המפקפקים במידת החופש של האדם בתהליך כינון זהותו העצמית. על-פי פילוסופים אלה, לא זו בלבד שאין לאדם מהות הקודמת

"שובו של מרטן גר", 1982 / תמונה מתוך הסרט

לקיום, אלא שגם הדיוקן העצמי אותו הוא רוכש ופושט מתגבש באמצעות תהליכים שאין לו כמעט שליטה עליהם.

נניח כאן לשאלת חירות האדם ונתמקד בשאלת האמת כפי שהיא משתקפת בפרשת מרטן גר. קסמו של הסיפור אינו טמון רק ביכולת של ארנו דו טיל להוליך שולל את הזולת ולטוות רשת הונאה חריגה בהיקפה ובממדיה; הוא טמון בעיקר ביכולתו להמיר את זהותו בעיני עצמו, יכולת שמעידה אולי על יכולתו העקרונית של אדם לפשוט וללבוש זהויות חדשות. יכולתו זו של ארנו/מרטן עולה בקנה אחד עם השקפתו האקזיסטנציאלית של סארטר, הטוען כי "**כל הפעולות שהאדם עשוי לנקוט כדי לעצב את דמותו, כפי שהוא היה רוצה לראותה, יוצרת מניה וביה דמות אדם שהוא מאמין בחיוניותה**".

ארנו דו טיל האמין בחיוניותה של הדמות אותה ברא. כל התנהגותו מרגע שנכנס לנעליו של מרטן גר מעידה על כך. למרות הסיכון שייחשף הוא הגיש תביעה לבית המשפט האזרחי נגד פייר מרטן, בטענה שזה עשק אותו בהיעדרו. אין ספק שתביעה זו הוגשה מתוך נאמנות לזהותו החדשה. התביעה, כותבת **נטלי זימן דייויס**, שערכה מחקר היסטורי מקיף על הפרשה, מסמלת את תחילת נפילתו של ארנו דו טיל. מדוע נטל ארנו דו טיל סיכון כה גדול והתריס נגד פייר מרטן? מדוע פתח את קופת השרצים הנעולה של הספקות המקננים בליבו של פייר אודות "זהותו האמיתית"? מפתה לחשוב שהמענה לשאלות אלה נעוץ בכך שהתביעה לא נעשתה מתוך תאוות בצע של ארנו דו טיל או כהמשך המתבקש מאליו של מעשה הנוכלות, אלא מתוך תחושה עמוקה שנעשה לו, למרטן גר, עוול. עד כדי כך הזדהה האיש עם זהותו החדשה.

ואם אין בדברים די כדי לשכנע שלא מדובר בהתחזות גרידא, סיפור אהבתם של ארנו דו טיל וברטראנד דה-רול מספק להם תמיכה עזה. ברטראנד העידה שהם בילו "**כזוג נשוי לכל דבר, שאוכל, שותה וישן יחד**". חוקרי התקופה אף הוסיפו שארנו דו טיל חי עם ברטראנד "**בשלווה, בלי מריבות, ונהג כלפיה בכל דבר באופן כה יפה, שאיש לא יכול היה לחשוד בתרמית**". האם אין באהבה רומנטית עמוקה כדי להמיר את זהותו של האוהב? ואם לא די בכך, בני הזו גֶר הביאו לעולם שתי בנות, שאחת מהן מתה ואילו השנייה, ברנארד, היתה לאחותו הקטנה של סאנקסי, שנולד לברטראנד ולמרטן גר האמיתי. בני הזוג יצרו אפוא רצף משפחתי של ממש.

עדויות אלה ואחרות יוצרות בסיס מוצק להנחה שארנו דו טיל המיר את זהותו באופן מעורר השתאות. התחזותו הקיצונית לא נועדה להוליך שולל את הזולת, אלא הובילה אותו גם לשנות את אופיו מן הקצה אל הקצה. הוא אינו עוד האדם המופקר שחייו נלוזים והוא שקוע בחטא, שותה ורודף נשים. הוא הפך לאדם מהוגן, לאיכר המצליח במלאכתו, לבעל שמרעיף אהבת אמת על אשתו, לאב מסור לילדיו ולבני משפחתו הנרחבת, ובכלל זאת גם לאחיותיו של מרטן גר שעברו להתגורר בביתו לאחר ששב אליו.

בית המשפט בטולוז לא התרשם משינויים אלה בזהותו של האיש. ביום ה-12 לחודש ספטמבר בשנת 1560, שפט אותו השופט קוראס לחומרה: הוא גזר על "העבריין המדהים הזה" מיתה בתלייה. אפשר שתפיסת העולם שהנחתה אותו בפסיקתו נגד ארנו דו טיל היתה מודרניסטית במהותה. יתכן שלא האמין כי המרת זהויות כה גורפת, שיש בה משום התנכרות מוחלטת של היחיד לזהותו הקודמת, אפשרית. אולי שוכנע שזהותו החדשה של ארנו דו טיל אינה אלא מעטה חיצוני, לבוש שנועד להסתיר את ה"אני" הפנימי שלו כנוכל מוכשר אך נטול מעצורים.

אך יתכן גם שהשופט הביא בחשבון שיקולים אחרים. יתכן שהוא פעל מתוך מניעים של שמירת הסדר החברתי, שאינו יכול להתקיים ללא ההנחה בדבר קיומה של זהות רציפה הכוללת אחריות. יכול להיות שקוראס התייצב לצד העמדה המודרניסטית, ולפיה אין בכוחו של אף מעשה של האדם, נאצל ככל שיהיה, כדי לכפר על חטאיו. מכאן שחטאים בעברו של האדם הם, בהכרח, יסוד מכונן בזהותו, וזו נותרת קבועה – גם אם עברה תמורות קיצוניות ומהפכניות.

ועם זאת, וחרף גזר הדין הנחרץ והמר, פרשת מרטן גר מהלכת קסם על דורות רבים. בכל מהותה היא מציבה אתגר כבד משקל בפני התפיסה הכובלת את האדם בזהות אחידה רציפה ובלתי משתנה.

פרופסור יוסי יונה הוא מרצה לפילוסופיה של החינוך באוניברסיטת בן-גוריון ועמית מחקר בכיר במכון ואן ליר בירושלים

אורן חסון

מסה

האדם אינו אי

כל עוד תמשיך הפסיכולוגיה לתפוס את האדם כמערכת נפשית המנותקת מהקשר ביולוגי ואבולוציוני, היא תמשיך להתקבל כתיאוריה מרגשת, אבל בהחלט לא מדעית. הבשורה הממשית מגיעה היום מחוקרי הפסיכולוגיה האבולוציונית

"אף אדם אינו אי, שלם לעצמו... בעקבות מותו של כל אדם אני דועך כי אני חלק מהאנושות. ולכן, לעולם אל תחקור לדעת למי צלצל הפעמון*. הוא צלצל עבורך". (ג'והן דון 1631–1572)

*פעמון הכנסייה, עם מותו של אדם

■ ככל שהפכה הפסיכולוגיה לפופולרית יותר, כך נשאלה לעיתים קרובות יותר השאלה **"האם הפסיכולוגיה היא מדע?"** התשובות, רבות כמספר השואלים, מצביעות על הקושי בהגדרתה החד־ערכית של הפסיכולוגיה כמדע. רבים מהפסיכולוגים טוענים שפסיכולוגיה אינה מדע, ובכך מנערים את חוצנם מן הצורך לשנות משהו בדרך הבנתם את נפש האדם. פסיכולוגים אחרים בטוחים שפסיכולוגיה היא מדע לכל דבר ועניין, אלא שיש מקום לשיפור משמעותי של העקרונות המדעיים שלה, כדי שאפשר יהיה לראות גם בה מדע מן השורה, כמדעי הטבע ומדעי החיים.

מה שונה כל־כך במדע הפסיכולוגיה – "לימוד נפש האדם" – ממדעים אחרים? האנקדוטה ההיסטורית הבאה, מתחום הפיזיקה, תוכל לשפוך אור על העניין: ב־29 באפריל 1980, בטקס מינויו לכס הפרופסורה הלוקסיאני היוקרתי במתמטיקה, באוניברסיטת קיימברידג', נשא סטיבן הוקינג הרצאה על מצבה של הפיזיקה התיאורטית. הוא תיאר את התקדמות הבנת היקום במאה השנים שחלפו, ושאל: "מה הסיכוי שנגיע לתיאוריה אחידה, **'התיאוריה של הכל'**, עד סוף המאה"?

כ־30 שנה מאוחר יותר, בשנת 2009, פרש הוקינג מכס הפרופסורה ויצא לגמלאות, כאשר "התיאוריה של הכל" עדיין רחוקה מאיתנו. למרות זאת, הקסם שבמתן הסבר אחד שיקיף הכל, עדיין מרחף באוויר, והחיפוש אחר התיאוריה המאוחדת מעסיק פיזיקאים תיאורטיים רבים.

הסיבה לחיפוש העקשני אחר "התיאוריה של הכל" היא שזהו טבעו של המדע. המדע עוסק בניסיון לחקור ולהבין את העולם באופן שיספק הסברים מדויקים ככל האפשר. כל תחום מדעי מתחיל בגילוי עובדות ובניסיון למצוא להן חוקיות כלשהי. את החוקיות הזו הוא מנסה להסביר במסגרת של תיאוריה מדעית, ובהמשך בוחן את התיאוריה דרך ניבוי וגילוי של עובדות חדשות, ודרך חיפוש אחר הסברים שיסבירו טוב יותר את העובדות.

מכיוון שהמדע מנסה להסביר תחומי ידע שונים, הסבר בתחום אחד אינו יכול להתבסס על עקרונות הסותרים הסבר בתחום אחר. המדענים מנסים לכן להרחיב ולהכליל את העקרונות התקפים בתחום מסוים אל כלל תחומי הידע האחרים. חוסר עקביות בין שני הסברים, גם אם הם מגיעים מתחומי מחקר שונים, מעיד על כך שלפחות אחד ההסברים, באחד התחומים, אינו נכון או אינו שלם. בדיוק במסלול הזה התקדמו במקביל הכימיה, הפיזיקה הניוטונית, האופטיקה והאסטרונומיה, ונפגשו כולן במגרשים של תורת היחסות הכללית ומחקר החלקיקים.

בניגוד למגמה מדעית זו, הפסיכולוגיה, כמעט מאז היווסדה, פעלה כתחום מחקר עצמאי ונפרד. כמעט בכל אסכולה פסיכולוגית שנבחן לעומק, נחשוף בקלות חוסר עקביות או חוסר התאמה בין ההבנות וההסברים שהיא מציעה לבין אלו שנבחנו ומקובלים במדעים אחרים. מדע הפסיכולוגיה העוסק בהבנת האדם ראה במשך זמן רב מדי את האדם כאי: זהות הנתפסת, נלמדת ונחקרת בפני עצמה, כאילו הוא, אופיו והתנהגותו אינם חלק מהעולם הפיזיקלי והביולוגי, וכאילו אין הוא מונע על־ידם ומחויב לציית לכלליהם. מכיוון שהפסיכולוגיה השתמשה מעט מדי ב"כלי מדידה" חיצוניים כדי להשוות אליהם את האסכולות התיאורטיות שלה, היא הפכה, כתחום עבודה ומחקר, לדיסציפלינה פלורליסטית. במשך כמעט כל שנות קיומה מתקיימות בפסיכולוגיה, בצוותא, אסכולות מרכזיות שונות אשר הן לא רק מנוגדות זו לזו, אלא שהן גם אינן מתיישבות עם המקובל בתחומי ידע אחרים כמו הפיזיקה והביולוגיה.

אין באמירה זו כדי להמעיט בערך הניסיונות של זיגמונד פרויד ושל קארל יונג, מאבות הפסיכולוגיה והפסיכואנליזה, לחבר את הביולוגיה אל הבנת נפש האדם. אלא שההבנות הביולוגיות השתנו לבלי הכר מאז פרויד, ומושגים בלתי ברורים כמו "אינסטינקט" ו"דחף", יצאו משימוש כבר לפני זמן רב. יונג, שהגדיר ארכיטיפים שונים כציר מרכזי בתורתו, תיאר בהם מרכיב תורשתי שקרא לו: "הלא־מודע הקולקטיבי". עם זאת, הוא הותיר אי־בהירות באשר לאופן שבו עוברות תכונות ארכיטיפיות בתורשה. ההבנה הביולוגית המודרנית את התורשה, הגנטיקה וההתנהגות הצביעה כבר בזמנו של יונג על

תמונה מתוך ארכיון הצילומים של מגזין "לייף". הפסיכולוג ורופא הילדים ארנולד גזל הקים מעבדת מחקר להתפתחות התינוק והילד. הוא בנה חדרון תצפית שבו ערך ניסויים והניסויים תועדו בווידיאו וסוכמו על ידי התצפיתנים. שנת 1961.

כך שנכון לראות את אישיות האדם כאוסף תכונות רציף, שמעוצב על־ידי הגנטיקה והשפעות הסביבה, יותר מאשר כארכיטיפים בדידים (אם כי גם יונג נטה לראות רציפות בין הארכיטיפים).

ריחוק גדול עוד יותר מעקרונות מדעיים הפגין יונג בהתעלמותו מהבנות ברורות בתחומי הפיזיקה והביולוגיה: יונג שילב בתיאוריות שלו על נפש האדם תופעות "על־טבעיות" כמו טלפתיה, תפיסה על־חושית, גלגול נשמות ותקשורת עם המתים. המשחק הזה של יונג עם המיסטיקה, מבלי שסיפק ראיות להצדקת עמדתו אל מול הפרדיגמות הברורות של הפיזיקה ובביולוגיה, איפשר ליונג להיות גמיש בפרשנותו את טבע האדם, להתעלם מסתירות משמעותיות בין הסבריו ליתר המדעים, ולהרחיב את הפסיכולוגיה ליריעה שהיא חסרת בסיס או קשר למדע.

אין להאשים את הפסיכולוגיה בחוסר הידע הביולוגי של פרויד, ממש כשם שאין מאשימים את הביולוגיה בפשטנות־היתר של דרוין, שלא ידע כיצד פועל מנגנון התורשה ולא העריך נכון את מימד הזמן האבולוציוני. פרויד קידם את הפסיכולוגיה בצעדי ענק והעביר את הלפיד הלאה, כפי שעשה דרוין, וכפי שעשו פורצי דרך בתחומי מדע אחרים. זהו תהליך טבעי בהתפתחותו של כל תחום מדעי.

אלא שאפשר וצריך להאשים את הפסיכולוגיה, בעיקר את זו שבאקדמיה, בכך שנשבתה בכריזמה של האבות המייסדים, כבלה עצמה באידיאות שלהם, ובכך בידלה את עצמה מיתר המדעים. היתלות באילנות גבוהים היא תופעה אנושית מובנת, שקשה להימנע ממנה למרות שאינה מתיישבת עם עקרונות העבודה המדעית. בכל תחום מדעי יש ברי־סמכא ומובילים, אבל בשום תחום מדעי אחר לא נרשמה הערצת מנטורים ודבקות בדרכם בעוצמה ובאופן שאפשר לראות בתחום הפסיכולוגיה.

כתוצאה מכך נשארו בתיאוריה הפסיכולוגית מושגים שאינם מתיישבים עם הבנות הפיזיקה או הביולוגיה. דחף המוות וההרס העצמי, על גלגוליו השונים והמאוחרים יותר, עקרון שהציב פרויד אל מול הארוס והעונג, הוא דוגמה לכך. אין ספק שיש אנשים

>>

"צריך להאשים את הפסיכולוגיה, בעיקר את זו שבאקדמיה, בכך שנשבתה בכריזמה של האבות המייסדים, כבלה עצמה באידיאות שלהם, ובכך בידלה את עצמה מיתר המדעים. היתלות באילנות גבוהים היא תופעה אנושית, שקשה להימנע ממנה למרות שאינה מתיישבת עם עקרונות העבודה המדעית. בכל תחום מדעי יש ברי־סמכא ומובילים, אבל בשום תחום מדעי אחר לא נרשמה הערצת מנטורים ודבקות בדרכם בעוצמה ובאופן שאפשר לראות בתחום הפסיכולוגיה"

<< שהתוקפנות שלהם מזיקה לעצמם ולסובבים אותם, ולכן זו תצפית הדורשת הסבר. אלא שההסבר הפרוידיאני, שהתוקפנות היא ביטוי של דחף המוות וההרס העצמי, עומד בניגוד גמור לאופן שבו מבינה הביולוגיה את הישרדותן של תכונות בתהליך הברירה הטבעית. במצב כזה תפקידה של הפסיכולוגיה הוא למצוא הסבר אחר לקיומה של תוקפנות זו, כזה שיהיה תואם את נקודת המבט האבולוציונית. אפשרות אחת למשל, היא שהייתרון ההישרדותי או הרבייתי שהתוקפנות נותנת לאדם, מתקבל בממוצע, ולא בכל פעם שהיא מופעלת. הסבר כזה מחייב גם מחקרים על הסיבות ועל הנסיבות החריגות שבהן התוקפנות עלולה לגרום לנזק לתוקפן.

אלמנט פרוידיאני מרכזי אחר שנשמר עד היום הוא התסביך האדיפלי: משאלת המוות של הבן כלפי אביו ומשיכתו המינית לאמו. פרויד חשב בטעות, שהאדם ירש מבעלי החיים נטייה לזיווגי קרובים (בתוך המשפחה), ושאצל האדם, בניגוד לבעלי־חיים אחרים, הנטייה הזו מדוכאת, ומכאן התסביך. תיאוריה זו מנוגדת להבנות ולידע הביולוגיים המודרניים. ראשית, ידוע שזיווגי קרובים חושפים גנים רצסיביים מזיקים. בהתאם, התפתחו הן בעולם החי והן באדם, מנגנונים התנהגותיים שונים המקטינים את הסיכוי לרבייה בין קרובי משפחה. שנית, מחקרים מצביעים על כך שגברים נמשכים לנשים צעירות דווקא, ככל הנראה כי הן פוריות יותר, הן מיידית והן לאורך זמן. כל אלה, מנוגדים לקיומו של מנגנון אדיפלי.

בניגוד להסבר האדיפלי, המסגרת התיאורטית הביולוגית מאפשרת לפסיכולוגיה לחפש הסברים חלופיים לאותן התנהגויות בדיוק, העומדים בכל הקריטריונים העובדתיים והאבולוציוניים כאחד. אפשר להבין את קיומו של ניגוד אינטרסים בין בן (או בת!) לבין אב, על המשאב המשותף – האם. קונפליקט כזה יתקיים בעיקר כאשר האב אינו נוטה להשקיע בבנו ואינו מהווה לו משאב משמעותי ומשענת חשובה בזכות עצמו. קונפליקטים שבין הורים לצאצאים מוכרים, ידועים ונחקרו רבות בביולוגיה, עוד מאז מאמריו של רוברט טריוורס בתחילת שנות ה־70. ובכל זאת, למרות ההבנות הביולוגיות המנוגדות, הפסיכולוגיה נושאת איתה, עדיין, את משאו הכבד של אדיפוס.

קונפליקטים דומים מתקיימים בין הביולוגיה לבין אסכולות פסיכולוגית שונות. הארוויל הנדריקס למשל, מוביל תורת האימאגו בטיפול הזוגי, טוען שבני אדם בוחרים את בני הזוג שלהם בהתאם לפגיעה שנפגעו בילדותם על־ידי הוריהם. הבחירה שלהם נעשית מתוך צורך "לתקן" את הפגיעה הנפשית הזו. הנדריקס לא נותן הסבר אבולוציוני מספק להתפתחות הצורך הזה. הוא גם לא מסביר מהי מידת הצלחת התיקון הנפשי המתרחש באמצעות זיווגים שכאלה, שלא בעזרת טיפול זוגי. אם בחירת בן הזוג בהתאם לפגיעה בעבר אינה גורמת לתיקון, אולי נישואים כאלו אינם רעיון טוב כלל ועיקר? ואם כך, מדוע בכל זאת הם התפתחו והתקיימו במהלך האבולוציה? האם יתכן יתרון אבולוציוני לבחירת בן זוג, שיחזור על דגם פגיעה שאנחנו רגישים אליו? בנוסף לבעיה התיאורטית הזו, טענתו של הנדריקס גם קשה מאוד להוכחה מחקרית אובייקטיבית, שאינה תלויה ב"תחושה" הסובייקטיבית של פסיכולוגים ופסיכותרפיסטים בשטח. לעומת זאת, מחקרים רבים מראים דווקא ניבוי מוצלח להעדפות בחירת בני זוג על־פי קריטריונים ביולוגיים של משיכה, כמו יופי, גיל, סימטריה, גובה, אמביציה ועוד, המצויים בהתאמה לפוריות ולסטטוס (משאבים חברתיים וכלכליים).

הפסיכולוגיה הקוגניטיבית, לפי אהרון בק וממשיכיו, בנויה על התפיסה שהמשמעות הקוגניטיבית של אירוע קודמת לתגובה הרגשית שלו. תיאוריה זו משתנה בשנים האחרונות, בעקבות הממצאים הנוירוביולוגיים, המצביעים על תהליך הפוך. גירוי המעורר פחד למשל, עובר לאמיגדלה (רכיב במוח הקשור למצבים רגשיים), ויוצר את תגובת הפחד, עוד לפני מעבר הנתונים ועיבודם בקליפת המוח (העיבוד הקוגניטיבי). הסתכלות אבולוציונית היתה מן הסתם מאפשרת להבין זאת קודם, ולו רק משום שאנו יודעים שמערכות ההפעלה הרגשיות קדמו, בעולם החי, לאלו השכלתניות. תפיסות שגויות מסוג זה היו כנראה נחסכות מתיאוריות פסיכולוגיות, לו

כללו לימודי הפסיכולוגיה באוניברסיטאות לימודי זואולוגיה ואבולוציה כקורסי חובה ויותר לימודי נוירוביולוגיה.

הביולוגיה המודרנית התפתחה בשלושה כיוונים המשמעותיים במיוחד להבנת נפש האדם. שניים מהם, הגנטיקה והנוירוביולוגיה, מספקים הסברים מיידיים (proximate explanations), הקשורים למנגנונים הביולוגיים־פיזיולוגיים המניעים את האדם. הכיוון השלישי מתייחס להסברים אולטימטיביים (ultimate explanations). אלה הם הסברים אבולוציוניים, העונים לשאלה: למה קרה דווקא ככה? כלומר, מה היו המניעים והגורמים האבולוציוניים, שגרמו להתפתחות תכונה זו ולא אחרת? הסברים אולטימטיביים בוחנים את היתרונות והחסרונות הקשורים בתכונה ומשפיעים על תהליך הברירה הטבעית שלה. הם לוקחים בחשבון גם מנגנונים ואילוצים אבולוציוניים אחרים הקשורים למגבלות המוצא האבולוציוני של האורגניזם, לאילוצים ולמגבלות גנטיות, ולגורמים אקראיים מוכרים נוספים.

המחקר הנוירוביולוגי התקדם בצעדי ענק בשני העשורים האחרונים. בעקבות מהפכה זו יש ניסיונות רבים וכנים של הפסיכולוגיה, על שלל אסכולותיה, לחבר את ממצאי הנוירוביולוגיה עם הנחות היסוד של התיאוריות הפסיכולוגיות. הפסיכולוגיה, המחקרית והטיפולית גם יחד, אינה יכולה להתכחש גם לממצאים באשר להשפעות ולטיפולים התרופתיים. ממצאים חדשים אלה על תפקוד המוח, מבנהו ואופן פעולתו, מהווים אתגר לבדיקת כל אסכולה פסיכולוגית רלוונטית, כדי לבחון את אמינותה. מגמה זאת מתבטאת בכנסים ובפרסומים משותפים לנוירוביולוגים ולפסיכולוגים. אלא שהחיבור הזה נעשה בינתיים רובו ככולו באקדמיה ורק מעט ממנו מחלחל לשטח, אל המטפלים.

ניסיון נוסף לחיבור בין הפסיכולוגיה לביולוגיה הוא צמיחת זרם חדש בפסיכולוגיה – "פסיכולוגיה אבולוציונית" – תחום שנולד לפני כ־20 שנה ומאמץ לתוכו את התובנות הביולוגיות החדשות. הפסיכולוגיה האבולוציונית היא האסכולה היחידה בפסיכולוגיה שאינה מנותקת מיתר המדעים. מכיוון שכך, היא גם היחידה ההופכת את הפסיכולוגיה למדע ככל מדע אחר. 20 שנה מאז היווסדה, מתקיימת הפסיכולוגיה האבולוציונית כמעט רק באקדמיה, כתחום מחקרי, ורק למעט מאוד מטפלים יש ידע תיאורטי ומקצועי מספיק כדי ליישם אותו בטיפול.

פתחנו בכותרת "האדם אינו אי". האדם, לא לבדד ישכון, ואין כל אפשרות לנתח ולחקור את גופו או את נפשו בנפרד מעולם הטבע שבו נוצר. האדם, למרות יחודו, הוא בעל חיים שיש לו הרבה מהמשותף עם בעלי חיים אחרים. התעלמות מהשלכות הידע הביולוגי המתקדם על מבנה נפש האדם היא אחת הטעויות ההיסטוריות הקשות בתחום הפסיכולוגיה.

מעניין שכמעט באותה מידה שבה "אשמים" הפסיכולוגים בטיפול באדם בנפרד מעולם החי, אשמים הביולוגים בפעולה ההפוכה. במשך כמעט מאה שלמה הקפידו הביולוגים, חוקרי התנהגות בעלי החיים, שלא "להאניש" את בעלי החיים, כלומר, להימנע מלייחס להם רגשות או יכולות קוגניטיביות, שנחשבו ייחודיות לאדם. כוונתם היתה טובה: להפוך את חקר ההתנהגות ל"מדעי" ככל שניתן, ולהימנע מייחוס רגשות או מחשבות לבעלי חיים. אלא שבכך תרמו גם הביולוגים תרומה מכרעת לתפיסת האדם כאי.

הביולוגיה נמצאת רק בתחילתו של תהליך שינוי תפיסה שסופו בלתי נמנע: אם אנחנו מבינים שלאדם יש עולם רגשי, ואם אנחנו מייחסים את קיומו למרכיבים פרימיטיביים במוח שהתפתחו במהלך האבולוציה, אנחנו חייבים להסכים שבאופן כזה או אחר מתקיים עולם רגשי זה, ללא ספק, גם אצל בעלי חיים פרימיטיביים יותר. כך גם באשר לעולם הקוגניטיבי: אין ספק שהיכולות הקוגניטיביות התפתחו באדם בקצב וברמה מדהימים בהשוואה לבעלי חיים אחרים, ואפילו בהשוואה לקרוביו, קופי האדם. עם זאת, מרכיבים כלשהם של חשיבה והכרה מתקיימים בבעלי חיים שאין להם יכולת חשיבה סימבולית (כלומר, ללא "שפה" כשל האדם). הן יונקים והן ציפורים למשל, חולמים. אין להם יכולת המשגה סימבולית, ולכן אפשר להסיק שהמקור הראשוני של חלומות אינו להעביר מידע מן התת־מודע. אלא שיש לבעלי החיים הללו יכולת של "ייצוג מנטלי", כלומר, של שימוש בזיכרונות ויזואליים שאינם סימבוליים, המייצגים את זיכרון הדבר עצמו, וכנראה גם בתוספת לאסוציאציה רגשית כלשהי. מכאן גם סביר להניח שאצל האדם, לצד יכולת החשיבה הסימבולית, מתקיים גם הבסיס הפרימיטיבי והלא־סימבולי של חשיבה ושל חלימה, כי האדם אינו אי.

הפסיכולוגיה היא מדע יישומי בעיקרו. מטרת המטפל הפסיכולוגי היא בדרך כלל לשקם אדם מפגעים נפשיים שמהם הוא סובל. בפגיעות רבות די בטיפול "כללי", המושפע מהידע המקצועי הקיים אצל המטפל, מחוכמת החיים שלו, מרגישותו ומהקשר האישי בינו לבין המטופל. אלא שקשה להימנע מהמחשבה שידע מדויק יותר והבנה נכונה יותר של נפש האדם יכולים להוסיף ליעילותם של תהליכים טיפוליים באופן משמעותי.

הפסיכולוגיה המודרנית לומדת מהמרכיב היישומי שלה, אבל כתורה מדעית היא תלויה במחקר הטהור ובכלים המדעיים שמקבלים הפסיכולוגים בשלבי הלימוד והאימון שלהם, שרובו מצוי באקדמיה. הפסיכולוגיה תתקרב להגדרת "מדע ככל המדעים" ככל שתלמד לגשר בין הידע שלה, הסטטיסטי, האבחוני והטיפולי, לבין הידע הביולוגי המגיע מהנוירוביולוגיה ומהפסיכולוגיה האבולוציונית. ■

ד"ר אורן חסון הוא ביולוג בהשכלתו,
חוקר התנהגות ותקשורת בעולם החי ובאדם, ועוסק ביעוץ זוגי

JK Keller, "*Before and After*", 2007
ג'יי קיי קלר, " לפני ואחרי" / ראו על העבודה בעמ' 68

פסיכולוגיה קוגניטיבית

סם ש. רקובר

074

תזכיר לי מי אתה

אנו מסתכלים פעם אחת בפניו של אדם, ולאחר שנים רבות נזהה אותו מיידית. היכולת להבחין בין פרצופים ולזהותם לאורך זמן אינה מובנת מאליה. מה במראה פניו של אדם נשאר חקוק בזיכרוננו, וכיצד פועל מנגנון שימור הפרצופים במוחנו? פרופ' סם ש. רקובר על התיאוריה של זיהוי והיכר פרצופים

■ מסדר הזיהוי המשטרתי, אחד הכלים החשובים במלחמה בפשע, מציב שורה של בני אדם אל מול עד ראייה שנכח במקום הפשע. בדרך־כלל מדובר בעובר אורח, שלהרף עין ראה את פניו של העבריין והוא נדרש עתה לזהותו. באופן דומה, מורכב קלסתרון של עבריין על סמך תיאור של עד ראייה מזדמן, ובאמצעותו אמורים השוטרים ללכוד את הפושע.

מתברר, שזכירת פנים היא אחד ממנגנוני הזיכרון החזקים ביותר שיש לנו. נמצא שגם אחרי עשרות שנים אנשים זיהו חברים מבית־הספר על סמך תמונות בדיוק מרבי. מהי היכולת המופלאה הזו של המוח, שמאפשרת לנו לזהות פרצוף מוכר ממרחק של שנים רבות למרות השינויים שהתרחשו בו? מהו טיב האינפורמציה הנקלטת במוחנו ומאפשרת לנו לזהות אדם לאורך זמן?

מספר הבעות פנים: שמחה, עניין, הפתעה, עצבות, בחילה, כעס ופחד, הן אוניברסליות. גם חברי שבט שטרם בא במגע עם התרבות המערבית, יזהו הבעות אלה בתמונות של אדם לבן מאירופה למרות השוני התרבותי. בכלל, הפנים הן מקור לא אכזב למידע על אודות בעליהן. הן מלמדות על גילו, מינו, הלאום או העדה אליהם הוא משתייך ומצב רוחו. עם זאת חשוב להדגיש, שלא ניתן לקרוא מתמונת פניו של אדם דבר על טבעו או על רמת האינטליגנציה שלו ("בייבי פייס" הוא כינוי לרוצח מחריד שהיו לו פנים נעימות כשל תינוק).

המידע הנשאב מהפנים, מהווה תשתית לקיום המבנה החברתי המסובך של חברות אנושיות. בלעדיו לא רק שלא היינו מסוגלים לדעת מיהם בני משפחתנו ומיהו הבוס בעבודה, אלא אף את עצמנו לא היינו מצליחים לזהות במראה. כל המידע העשיר הזה נדלה

>>

באופן אוטומטי. אנחנו מזהים את חברנו בלי כוונה מודעת. ברגע שהדלת נפתחת מזהים כל התלמידים, באנחה קורעת לב, שהמורה הגיעה והשיעור מתחיל.

היכולת לזהות פנים ולהבחין בין פרצופים שונים אינה מובנת מאליה. הקושי העצום בפעולת הזיהוי מתברר לנו, כאשר אנו צופים באנשים בני גזע שונה משלנו, סינים למשל, ואיננו מסוגלים להבדיל ביניהם. אנו מסוגלים לעשות הבחנות מדויקות בין אלפי פרצופים של בני מיננו, אולם נכשלים בעריכת הבחנות דומות בין פניהם של בני מוצא אחר.

מעבר לקושי לזהות פנים של אדם מגזע שונה משלנו, אנו עלולים לעשות טעות חמורה בזיהוי פניו של אדם אותו ראינו בעבר בסביבה מסוימת, ועכשיו הוא מופיע בהקשר שונה. למשל, נתקשה לזהות את פני המרצה שלנו, שאותו אנו רגילים לראות באולם ההרצאות באוניברסיטה, אם נפגוש אותו בבר מלא צעירים וצעירות רוקדים ומפזזים. מסיבה זו נוהגת המשטרה לשחזר אירועי פשע בזירת הפשע עצמה.

בנוסף, בניגוד לאינטואיציה שלנו, תיאור מילולי של פרצוף מקשה מאוד להכיר אותו, כשנתקלים בו. השפה אינה מייצגת במדויק אינפורמציה ויזואלית, וכתוצאה מכך תיאור מילולי עלול להפריע לתהליכים של זיהוי פרצופים.

מחקר התפיסה והזכירה של פרצופים רצוף סימני שאלה. חלק מהתצפיות מעיד על הצלחה מדהימה של המערכת הקוגניטיבית/ויזואלית לזהות פרצוף בהרף עין בין אלפי פרצופים אחרים. חלק אחר מצביע על כישלונה החמור של מערכת זו. מחקר המשווה בין תצפיות מוצלחות לכושלות בנושא, פותח פתח להעלאת השערות מעניינות על מבנה המערכת האחראית לזיהוי פרצופים ועל דרכי פעולתה.

תופעת היפוך־הפרצוף

תופעת היפוך־הפרצוף (face–inversion effect) היא אחת התופעות הפופולריות והמעניינות ביותר במחקר פרצופים. כאשר אנו רואים תמונת פנים במצב רגיל (שיער למעלה, סנטר למטה), אנו מזהים אותם בקלות רבה, אולם אם נהפוך את התמונה (סנטר למעלה, שיער למטה) נקשה מאוד על הזיהוי. ההסבר לתופעה זו עשוי לשפוך אור על הדרך שבה המערכת הקוגניטיבית/ויזואלית שלנו קולטת ומעבדת פרצופים ואובייקטים לא־פרצופיים. שתי שאלות יסוד עשויות להתברר באמצעות ניסויים בתופעת היפוך־הפרצוף:

1. מהו סוג האינפורמציה הקיימת בפנים, שמסייעת למערכת הקוגניטיבית/ויזואלית לתפוס ולזכור אותם – האם אנו מזהים פרצוף בגלל תווי הפנים (עיניים, אף, פה), או בגלל היחסים המרחביים ביניהם?

2. מהו המנגנון הקוגניטיבי/נוירו־פיזיולוגי במוח המטפל בעיבוד האינפורמציה הפרצופית – האם מנגנון זה ייחודי לפנים, או שהוא מטפל בקליטה וזכירה של כל סוגי המידע הוויזואלי (פרצופים ואובייקטים לא־פרצופיים)?

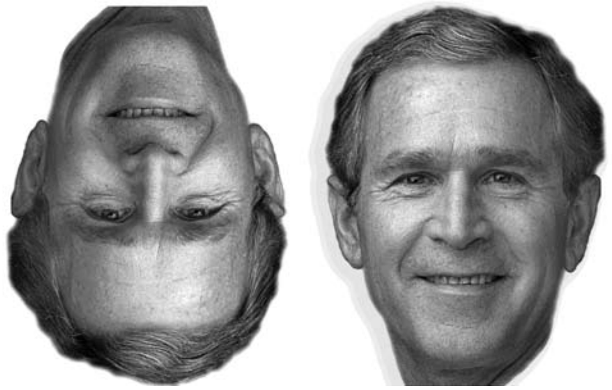
התבוננו, לדוגמה, באיור מס׳ 1. אנו רואים פני אישה, אולם אם נהפוך את האיור, ייתפס אותו גירוי ויזואלי־פיזיקלי כפניו של חתול. ברור שהיפוך תמונת הפנים אינו משנה בהן דבר. השינוי, אם כן, קורה במערכת הקוגניטיבית שלנו. דהיינו, המערכת הקוגניטיבית/ויזואלית לא תמיד "תופסת" את המציאות עצמה.

איך מזהים פרצוף?

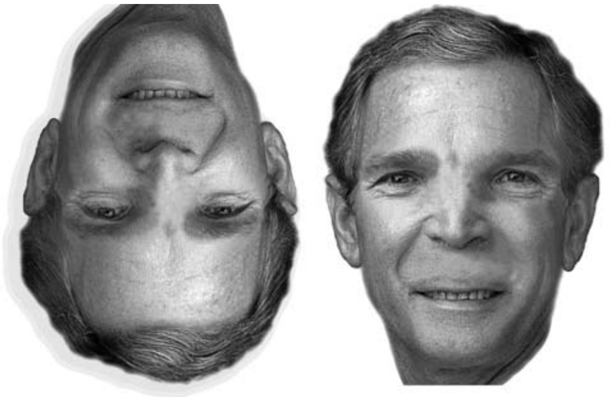
אם כן, כיצד אנחנו מזהים פני אדם? מהו התהליך האחראי לעובדה הרגילה, היומיומית, של זיהוי פרצופים (face recognition, שמתורגם בספרות המקצועית בעברית למונח "היכר")? התשובה הסטנדרטית של הפסיכולוגיה הקוגניטיבית לשאלה זו ודומות לה מבוססת על מודל המחשב: זיהוי פנים מתבצע כאשר מה שנתפס מתאים למה שנזכר.

וביתר פירוט: בפגישה הראשונה בין דוד לשמעון מקודד מראה הפנים של דוד במוחו של שמעון ומאוחסן שם כמידע למשך זמן ארוך. נקרא למידע זה בשם "זיכרון פרצופי". לאחר מכן, כששמעון שוב יפגוש את

איור מס׳ 1: אישה־חתול (איור של המחבר)



איור מס׳ 2א: תמונת הפנים של נשיא ארצות־הברית לשעבר, ג׳ורג׳ בוש, בתנוחה רגילה ובתנוחה הפוכה.



איור מס׳ 2ב: תמונת הפנים של בוש לאחר שינויים ביחסים המרחביים בין תווי הפנים.

דוד, הוא יזהה אותו אוטומטית ובהרף עין: המידע על מראה פניו של דוד יקודד בשנית ויושווה לזיכרון הפרצופי של דוד הנמצא במאגר. אם המוח של שמעון יגיע למסקנה שהמידע הנתפס שווה לזיכרון הפרצופי של דוד, יזהה שמעון את הפנים שלפניו כפניו של דוד. אולם אם, מסיבות כלשהן, המוח של שמעון ימצא שהמידע הנתפס שונה מהזיכרון הפרצופי, יסיק שמעון שהפנים שלפניו אינן של דוד.

הבה נתבונן במחקר סטנדרטי בזיהוי פרצופים, המדגים תהליך זה: מציגים בפני הנבדקים מאה תצלומים של פרצופים שונים, פרצוף אחר פרצוף. כל תצלומי הפרצופים מוצגים בתנוחה הטבעית: שיער למעלה וסנטר למטה. בשלב השני, שלב הבחינה, מציגים בפני אותם נבדקים מאתיים תצלומים הכוללים את מאה הפרצופים הקודמים, ומאה תצלומי פרצופים חדשים. התצלומים הישנים והחדשים שעורבבו באופן מקרי, מוצגים בזה אחר זה, פרצוף אחר פרצוף. תפקיד הנבדקים הוא להחליט לגבי כל תצלום, האם הפרצוף המופיע בו הוצג כבר בפניהם, או שהוא חדש. התוצאה מדהימה: שיעור הזיהוי הנכון הוא מעל ל־95%. זוהי תוצאה העולה בקנה אחד עם התצפיות בחיי היומיום.

אולם, אם הצילומים יוצגו בתנוחה הפוכה (כך שהסנטר למעלה והשיער למטה, ראו איור 2א), יירד שיעור הזיהוי בכ־20%. כפי שניתן לראות מאיור מס׳ 2א, זיהוי פניו של נשיא ארצות־הברית לשעבר, ג׳ורג׳ בוש, בצילום רגיל קל ומדויק יותר לאין שיעור מזיהויו כשהצילום מוצג במהופך. יתר על כן, מחקרים רבים מצאו שהיפוך פוגע בזיהוי פרצופים יותר מאשר בזיהוי אובייקטים לא־פרצופיים, כמו, למשל, בניינים, עצים ומכוניות. ממצאים אלה בתופעת היפוך־הפרצוף התקבלו בניסויים רבים.

המחקר בתפיסת פרצופים מבחין בין שני סוגים עיקריים של אינפורמציה פרצופית: האינפורמציה הפיצ׳וראלית (featural information) מתייחסת לתפיסה של תווי הפנים: שיער־מצח, עיניים, אף, פה וסנטר. האינפורמציה הקונפיגורלית (configural information) כוללת את היחסים המרחביים (המרווחים) שבין תווי הפנים. בזיהוי פנים אנו משתמשים בשני סוגי האינפורמציה.

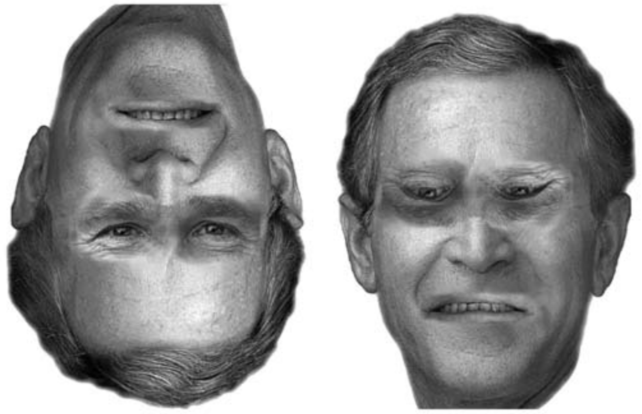
ההשערה הסטנדרטית, הנקראת השערת "עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית", להסבר הקושי הנוצר בתופעת היפוך־הפרצוף, קובעת שההיפוך פוגע בעיקר בעיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית (ראו שאלה 1 בעמוד 76).

בעוד שזיהוי פרצופים רגיל מבוסס על אינפורמציה פיצ׳וראלית וקונפיגורלית כאחת, מושתת זיהוי פרצופים הפוכים בעיקר על אינפורמציה פיצ׳וראלית. לעומת זאת, אובייקטים לא־פרצופיים (כיסאות, למשל) מזוהים בעיקר על סמך האינפורמציה הפיצ׳וראלית. מכיוון שזיהוי הכיסא מתבסס בעיקר על החלקים המרכיבים אותו – רגליים, מושב, וגב הכיסא, ההיפוך אינו גורם לפגיעה בזיהוי.

באיור מס׳ 2ב נעשה שינוי באינפורמציה הקונפיגורלית. היחסים המרחביים במרווח הבין־עיני ובמרווח האף־פה שונו, והתוצאה: היכולת להכיר את פרצופו של נשיא ארצות־הברית לשעבר, ג׳ורג׳ בוש, נפגעה. אם תשוו בין תנוחת הפרצוף הרגילה של ג׳ורג׳ בוש באיור 2א לאותה תנוחה באיור 2ב, תקבלו הבדל תפיסתי ניכר הנובע מהשינוי שחוללנו באינפורמציה הקונפיגורלית, אבל הבדל זה מתמעט באופן ניכר בתנוחה ההפוכה. מדוע? משום שבתופעת היפוך־הפרצוף נפגעת האינפורמציה הקונפיגורלית, והתפיסה נעשית

<< על בסיס תווי הפנים.

השערת עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית אוששה במספר רב של ניסויים. אחד המעניינים שבהם קשור בתופעה הנקראת "האילוזיה על שם תומפסון". (האילוזיה ידועה גם בשם "האילוזיה של מרגרט תאצ'ר", שפניה שימשו את פיטר תומפסון להדגמת האילוזיה שלו). איור מס' 3 מדגים אילוזיה זו על פניו של ג'ורג' בוש. בתמונה מצד ימין שונתה אינפורמציה קונפיגורלית מקומית – שני תווים, העיניים והפה, עברו היפוך – והתוצאה: הפנים נראות לצופה מוזרות וגרוטסקיות. רושם זה נעלם בתמונה מצד שמאל, משום שהיפוך הפרצוף כולו ביטל את האינפורמציה הקונפיגורלית, כולל השינויים



איור מס' 3: אילוזיית תומפסון. פניו של נשיא ארצות־הברית לשעבר, ג'ורג' בוש, בתנוחה רגילה ובתנוחה הפוכה. הפנים עברו שינויים באינפורמציה קונפיגורלית מקומית – היפוך של העיניים והפה.

שעשינו במרחב הפנים.

מדוע גורם היפוך־הפרצוף לאיבוד המידע הקונפיגורלי ופוגע, כתוצאה מכך, בזיהוי הפנים? שתי השערות פופולריות ומנוגדות מציעות מנגנונים שונים המסבירים את הבעיה שנוצרת עם היפוך־הפרצוף, ואת הדרך שבה מעבד המוח אינפורמציה פרצופית.

השערת "המומחיות" טוענת לקיומו של מנגנון כללי, המטפל בכל סוגי האינפורמציה הוויזואלית ומסוגל להתמחות בעיבוד אינפורמציה פרצופית וגם לא־פרצופית (ראו שאלה 2 בעמוד 76). האדם לומד מיום היוולדו את האינפורמציה הקונפיגורלית – היחסים המרחביים בין תווי הפנים – כשהפרצופים מופיעים לפניו באופן טבעי בתנוחה רגילה. למידה זו מקנה לבני האדם מומחיות באינפורמציה הקונפיגורלית, והם מסוגלים לעשות הבחנות עדינות ודקות בין רבבות פנים שונים, על אף שלכל הפרצופים יש אותו מבנה ויזואלי: שיער, מתחתיו מצח, מתחת לו עיניים, מתחת להן אף, מתחת לו פה, ומתחת לפה – סנטר.

משום שהאדם נחשף במהלך חייו בעיקר לפרצופים השייכים לבני הגזע שלו, המומחיות שלו מוגבלת לתפיסת ניואנסים והבדלים בין פרצופים אלה, והוא מתקשה להבחין בין פרצופים מגזע אחר ("כל הסינים נראים אותו דבר"). ומשום שלמידה זו נעשית כשהפרצופים נמצאים במצב רגיל, האדם מאבד את יכולת ההבחנה הזו, את האינפורמציה הקונפיגורלית הזו, כשהופכים את הפרצוף. כלומר, לפי השערה זו, מומחיות היא תנאי הכרחי להסברת תופעת היפוך־הפרצוף.

השערת המומחיות גורסת, שאדם יכול לרכוש מומחיות לצורות ויזואליות לא־פרצופיות רבות ושונות, שיש להן דפוס ויזואלי משותף המורכב מחלקים שונים. כתוצאה מכך יתרחשו גם בצורות ויזואליות אלו (ולא רק בפרצופים) תופעות היפוך. למשל, בניסוי עם מגדלי כלבים מומחים התברר, שהם התקשו לזהות תמונת כלב הפוך (תופעת "היפוך־הכלב"), ממש כפי שנבדקים מתקשים לזהות תמונת פרצוף במהופך. לעומתם, נבדקים "נאיביים" שאינם מומחי כלבים, לא הדגימו את התופעה.

הסבר שני ומנוגד לתופעת היפוך־הפרצוף הוא השערת "המנגנון הפרצופי־ספציפי". לפי השערה זו, במוח האדם יש מנגנון מולד, המיוחד אך ורק לעיבוד אינפורמציה פרצופית ואינו זהה עם המנגנון שמטפל בתפיסה ובזכירה של אובייקטים לא־פרצופיים. במחקרים נמצא שאזור מסוים במוח, הנקרא fusiform face area, מגיב לפרצופים, אבל לא לאובייקטים לא־פרצופיים; שתינוקות נמשכים באופן טבעי אל תבנית פנים מאשר אל כל תבנית אחרת; ושאצל הלוקים בפגיעת מוח מסוג פרוסופגנוזיה נפגעת יכולת התפיסה והזיהוי של פרצופים, אך לא של אובייקטים אחרים. קיום מנגנון מיוחד זה מסביר את הדיוק והמהירות בתפיסת פרצופים ובזיהויים, ואת ההבדל הגדול בהשפעת ההיפוך על זיהוי פרצופים, בהשוואה להיפוך של כל אובייקט אחר.

שתי השערות אלו עוררו ויכוח מעניין וסוער בספרות המקצועית. הכרעה סופית ביניהן טרם הושגה, אבל רוב החוקרים מקבלים את החלוקה בין שני סוגי אינפורמציה פרצופית, פיצ'וראלית וקונפיגורלית, ומסכימים כי תופעת היפוך־הפרצוף נגרמת בשל הפגיעה באינפורמציה הקונפיגורלית. להלן אנסה לערער על גישה סטנדרטית זו ולהראות, שהתיאוריה על תפיסה וזיהוי של פנים הרבה יותר מורכבת.

תנאי הכרחי או תנאי מספיק?

זה כעשרים שנה מככבת בספרות המקצועית השערת עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית כהשערה הסטנדרטית במחקר על תפיסה וזיהוי של פרצופים. השערה זו עוררה בי אי־נחת מיידית

"מספר הבעות פנים: שמחה, עניין, הפתעה, עצבות, בחילה, כעס ופחד, הן אוניברסליות. גם חברי שבט שטרם בא במגע עם התרבות המערבית, יזהו הבעות אלה בתמונות של אדם לבן מאירופה למרות השוני התרבותי. עם זאת חשוב להדגיש, שלא ניתן לקרוא מתמונת פניו של אדם דבר על טבעו או על רמת האינטליגנציה שלו. 'בייבי פייס' הוא כינוי לרוצח מחריד שהיו לו פנים נעימות כשל תינוק"

עם קריאת סדרת המחקרים הראשונה הבוחנת אותה אמפירית. החלטתי להריץ במעבדה מספר ניסויים, כדי לבחון אותה. הניסויים מנסים לענות על שתי השאלות הבאות:

האם האינפורמציה הקונפיגורלית היא תנאי הכרחי לתופעת היפוך־הפרצוף? וביתר פירוט, האם ניתן לקבל תופעה דומה לתופעת היפוך־הפרצוף כשנהפוך תו פנים אחד ונפרד בלבד – למשל רק עיניים? האם במקרה זה תרד היכולת שלנו לזהות את העיניים?

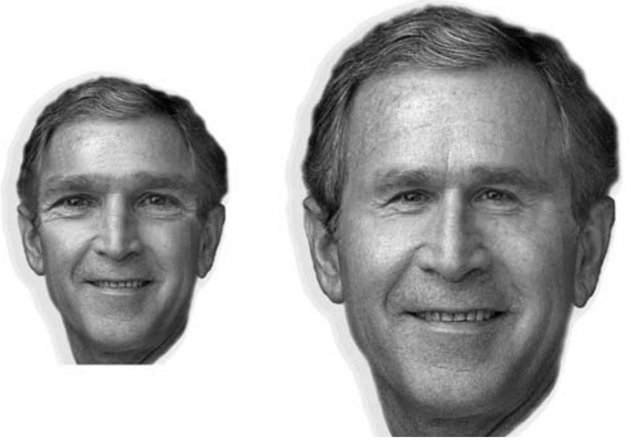
האם האינפורמציה הקונפיגורלית היא תנאי מספיק לתופעת היפוך־הפרצוף? האם ניתן לשנות את היחסים המרחביים בין תווי הפנים מבלי ששינוי זה יושפע מהיפוך הפנים? ובמילים אחרות, האם ניתן ליצור שינוי קונפיגורלי מבלי שתתקבל תופעת היפוך־הפרצוף?

ממצאי המחקרים שאציג נותנים תשובה חיובית לשתי שאלות אלה: היפוך משפיע במקרים שבהם לפי השערת עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית, לא היינו מצפים להשפעה (כלומר, אינפורמציה קונפיגורלית אינה תנאי הכרחי), ואינו משפיע במקרים שבהם כן היינו מצפים להשפעה (כלומר, אינפורמציה קונפיגורלית אינה תנאי מספיק).

כדי לתת תשובה אמפירית לשאלה הראשונה, הרצתי יחד עם האסיסטנט שלי, ברוש טויכר, ניסוי בזיהוי של תווי פנים בודדים ונפרדים: שיער־מצח, עיניים, אפים, פיות, סנטרים – כל אחד בפני עצמו. למשל, בשלב הראשון של הניסוי, שלב ההצגה, הוצגה בפני קבוצה של נבדקים סדרה של צילומי עיניים בלבד, בכל פעם זוג עיניים שונה. בשלב השני, שלב המבחן, הוצגו בפני הנבדקים צילומי העיניים שהוצגו קודם לכן, כשהם מעורבבים באופן מקרי עם צילומים חדשים של עיניים, אליהם הנבדקים לא נחשפו קודם לכן. תפקיד הנבדקים היה להחליט לגבי כל זוג עיניים שהוצג בנפרד, האם הם כבר ראו אותו או לא. ניסויים דומים נעשו לגבי כל אחד מיתר תווי הפנים. חלק מהנבדקים ראה את תווי הפנים במצבם הטבעי (הרגיל), וחלק בתנוחה הפוכה. התברר שזיהוי תווי הפנים – שיער־מצח ועיניים – בתנוחה ההפוכה היה נמוך מאשר זיהויים במצב הרגיל. כלומר, שני תווי פנים אלו הדגימו תופעת היפוך הדומה לתופעת היפוך־הפרצוף.

משמעות ממצא זה ברורה: היחסים המרחביים בין תווי הפנים אינם תנאי הכרחי לתופעת היפוך־הפרצוף, מאחר שיחסים אלה אינם רלוונטיים כשמדובר בתו פנים יחיד. במילים אחרות, גם בהיעדר אינפורמציה קונפיגורלית מתקבלת תופעה הדומה לתופעת היפוך־הפרצוף.

כדי לתת תשובה אמפירית לשאלה השנייה, הרצתי בשנים האחרונות במעבדה שלי באוניברסיטת חיפה מספר רב של ניסויים, המראים כי אכן יש סוג מיוחד של אינפורמציה קונפיגורלית, שאינו מושפע מהיפוך־הפרצוף. כדי לשנות את היחסים המרחביים בין תווי הפנים של הפרצוף, הגדלנו – או, לחלופין, הקטנו – את הפרצוף כולו ב־20%, למעט אזור העיניים (ראו איור מס' 4). כתוצאה מכך השתנתה האינפורמציה הקונפיגורלית בין תווי הפנים. שינויים אלה יצרו אילוזיה, שאני קורא לה "אילוזיית העיניים": למשל, העיניים בפרצוף השמאלי באיור מס' 4 נתפסות כגדולות יותר מהעיניים של הפרצוף הימני, למרות שגודל העיניים בשני הפרצופים זהה.



איור מס' 4: אילוזיית העיניים על פני ג'ורג' בוש. הפנים עברו שינויים באינפורמציה הקונפיגורלית, שמשפיעים על התפיסה שלנו. העיניים של הפרצוף השמאלי נראות גדולות יותר מהעיניים של הימני, למרות שהן זהות בגודלן בשני הפרצופים.

<<

JK Keller, *The Adaption to My Generation (detail)*, 2007
האמן ג'יי קיי קלר תיעד את עצמו במשך 8 שנים בצילומי פורטרט על בסיס יומי. מקבצי התמונות כאן הם מתוך אוסף הצילומים משנת 2007. בסרטון שהוא ערך ניתן לראות כיצד שונה מראהו במהלך השנים ראו קישור:
http://www.c71123.com/daily_photo

"כאשר אנו רואים תמונת פנים במצב רגיל (שיער למעלה, סנטר למטה), אנו מזהים אותם בקלות רבה, אולם אם נהפוך את התמונה (סנטר למעלה, שיער למטה) נקשה מאוד על הזיהוי. ההסבר לתופעה זו עשוי לשפוך אור על הדרך שבה המוח שלנו קולט ומעבד פרצופים ואובייקטים לא־פרצופיים"

<< בניסוי הוצגה בפני הנבדקים סדרה של זוגות פרצופים עם שינוי קונפיגורלי, שיצר אשליה של גודל עיניים שונה (בדומה לאיור מס' 4). הנבדקים התבקשו לבחור מכל זוג את הפרצוף בעל העיניים הגדולות יותר. הפרצופים הוצגו בשתי תנוחות, רגילה והפוכה, ובשני הליכי ניסוי: זה לצד זה (בדומה לאיור מס' 4); או בזה אחר זה – פרצוף אחד הוצג למשך חמש שניות, ולאחר פסק זמן קצר הוצג הפרצוף השני (בהליך זה התבקש הנבדק להגיד איזה פרצוף נראה לו כבעל עיניים גדולות יותר, הראשון שבזיכרונו או השני המוצג בפניו).

התוצאות הראו שהנבדקים נטו לבחור בהתאם לאילוזיה (למשל, באיור מס' 4 הם בחרו בפרצוף השמאלי כבעל העיניים הגדולות), בלי קשר (השפעה) לתנוחה של הפרצוף ו/או ההליך של הניסוי. במילים אחרות, על אף שלאילוזיית העיניים היה אחראי שינוי קונפיגורלי ניכר, היפוך־הפרצוף לא השפיע על תפיסת גודל העיניים. ההיפוך, במקרה זה, לא העלים את האינפורמציה הקונפיגורלית, לא סילק את אילוזיית העיניים ולא גרם לתופעה הדומה לתופעת היפוך־הפרצוף.

תוצאה דומה התקבלה בניסוי על אובייקטים לא־פרצופיים, כמו מכוניות. תמונות הפרצופים הוחלפו בתמונות חזיתיות של מכוניות, ואילוזיית העיניים – באילוזיית פנסים. בדומה לאילוזיית העיניים, גם אילוזיה זו נוצרה על־ידי שינוי קונפיגורלי ביחס בין החלקים המרכיבים את חזית המכונית (ראו איור מס' 5).

תוצאות ניסוי המכוניות דמו לאלה של ניסוי הפרצופים: הנבדקים נטו לבחור בהתאם לאילוזיית הפנסים, ולא היה הבדל בשיעור הבחירה בפנסים ה"גדולים" בין שני המצבים בהם הוצגו המכוניות: רגיל והפוך.

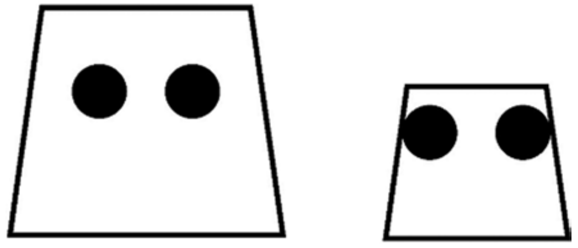
איור מס' 5: אילוזיית הפנסים. כתוצאה משינויים ביחסים המרחביים שבין החלקים המרכיבים את חזית המכוניות, הפנסים בתמונה הימנית נתפסים כגדולים יותר מהפנסים בתמונה משמאל, על אף שגודלם בשתי המכוניות זהה.

עם זאת, התקבל הבדל אחד מעניין בהשוואה בין ניסוי הפרצופים לבין ניסוי המכוניות: לאילוזיית העיניים הייתה השפעה גדולה יותר מאשר לאילוזיית הפנסים (דהיינו, אחוז הבחירה בהתאם לאילוזיית העיניים היה בממוצע גבוה יותר מאשר אחוז הבחירה בהתאם לאילוזיית הפנסים). השאלה שהתעוררה הייתה, איך להסביר הבדל זה?

ברוח השערת המומחיות, שאותה תיארתי לעיל, הצעתי כהסבר "מנגנון ויזואלי כללי", שאחראי לתפיסה ולזכירה של כל הצורות הוויזואליות, כולל אילוזיות. מנגנון זה רגיש לרמת החשיפה שלנו לצורה כלשהי: ככל שאנו נחשפים יותר לצורה מסוימת (כמו פרצופים) ולומדים אותה ברמה עמוקה ויסודית יותר, לאילוזיה הטמונה בה עוצמה גדולה יותר. מכיוון שאנו נחשפים, משחר חיינו, לפנים אנושיים יותר מאשר לכל צורה ויזואלית אחרת, אילוזיית הפרצופים משפיעה עלינו יותר מאשר אילוזיה של צורות ויזואליות אחרות, כמו מכוניות, שנלמדו ברמה שטחית יותר.

כדי לבחון את ההשערה חיפשתי צורה ויזואלית, שרמת הלמידה שלה פחותה בהרבה מזו של פרצופים או אף מכוניות. בחרתי בצורות ויזואליות גיאומטריות, מהסוג המופיע באיור מס' 6. אם אכן רמת הלמידה היא שקובעת את עוצמת האילוזיה, נצפה לכך שהאפקט של אילוזיית העיניים יהיה גדול יותר מאשר זה של אילוזיית הפנסים, שיהיה, בתורו, גדול יותר מהאפקט של אילוזיית הצורות הגיאומטריות.

התוצאות הראו שהנבדקים נטו לבחור בהתאם לאילוזיית הצורות, ולא היה הבדל בשיעור הבחירה בעיגולים ה"גדולים" בין שני המצבים בהם הוצגו הצורות הגיאומטריות: טיפוסי (בסיס רחב למטה) או הפוך. התברר גם שבממוצע, הניבוי מהשערת המנגנון הוויזואלי הכללי אושש: עוצמתה של אילוזיית העיניים הייתה גדולה יותר מזו של אילוזיית הפנסים, וזו האחרונה הייתה גדולה יותר מעוצמתה של אילוזיית הצורות הגיאומטריות. מכאן שלהיפוך אין השפעה <<



איור מס׳ 6: אילוזיית הצורות. הצורות הגיאומטריות עברו שינויים ביחסים המרחביים שבין חלקיהן, כך שזוג העיגולים השחורים בצד ימין נתפס כגדול יותר מזוג העיגולים בצד שמאל, למרות שגודל העיגולים בשתי הצורות זהה.

>> על האילוזיות השונות (עיניים, פנסים, צורות), על אף שעוצמתן קטנה לפי הסדר: פרצופים > מכוניות > צורות גיאומטריות – ממצא המערער את השערת עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית ומחזק את ההשערה הנוכחית.

חזרה לשתי שאלות היסוד

מסדרת ניסויים זו עולה שאינפורמציה קונפיגורלית – המידע על היחסים בין תווי הפנים – אינה תנאי הכרחי ואף לא תנאי מספיק לתופעת היפוך־הפרצוף. אך אין זה סוף פסוק. ניתן לשמור את השערת עיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית (ולהצילה), אם נרחיב אותה לא רק על היחסים המרחביים *בין* תווי הפנים, אלא גם על היחסים המרחביים *בתוך* תווי הפנים (למשל, העין נתפסת כתבנית ויזואלית המורכבת מגבה, עפעף, קרנית, אישון, ומהיחסים המרחביים שבין מרכיביה). לפי הרחבה זו, היפוך העין הבודדת יפגע בעיבוד האינפורמציה הקונפיגורלית של העין עצמה ויגרום לתופעה הדומה לתופעת היפוך־הפרצוף.

באשר לשאלה מהו המנגנון במוח שמזהה את תווי הפנים, ניתן להציע, מצד אחד, שסדרת הניסויים האחרונה מאוששת את השערת המנגנון הוויזואלי הכללי, שנשען, כפי שציינתי לעיל, על מומחיות נרכשת. מצד שני, חלק ניכר מהממצאים המדווחים בספרות המקצועית, תומכים דווקא בהשערת המנגנון הפרצופי־ספציפי. לדוגמה, בניגוד להשערת המומחיות, רוב הניסויים מוצאים שמומחים לאובייקטים לא־פרצופיים (כמו עצים, בניינים, מכוניות וכד׳) אינם מגלים התנהגות הדומה לתופעת היפוך־הפרצוף. כמו כן, מספר רב של ניסויים הקשורים בתפיסה ובזיהוי של פרצופים, שנערכו בגילאים שונים, בנבדקים נורמליים ובפגועי מוח, וכן ניסויים המשתמשים במדדים נוירו־פיזיולוגיים, תומכים בהשערת המנגנון הפרצופי־ספציפי. אם כן, האם ניתן לגשר בין השערת המומחיות להשערת המנגנון הפרצופי־ספציפי?

בעקבות מספר מחקרים, אני רוצה להציע כאן קו מנחה לפיתוח השערה התפתחותית מורכבת: המערכת הקוגניטיבית/ויזואלית מבוססת, בין היתר, על נטייה ראשונית מולדת להגיב לסוג מסוים של גירויים (פרצופים). נטייה זו מתפתחת ומתעצבת במשך השנים (במיוחד בשנים הראשונות) באמצעות תהליכי למידה והסתגלות (רכישת מומחיות לזיהוי רבבות פרצופים בתנוחה רגילה). למשל, סביר להניח שמנגנונים תפיסתיים במוחנו מקבצים פרטי אינפורמציה ויזואלית (נקודות, קווים, כתמי אור/צל ובהירות) ליחידות חדשות ושלמות, ובונים גם את תווי הפנים כיחידות תפיסתיות שלמות (כמו העיניים, המורכבות מכמה חלקים). בנייה זו מתבססת על תהליך של למידה, המובילה לקליטת תו פנים כגשטאלט, תבנית אחת, כמו שאנו תופסים מילה, המורכבת מאותיות נפרדות, כיחידת משמעות אחת.

תהליכי הקבצה תפיסתית כאלה הם, לדעתי, האחראיים לקליטת תווי הפנים כיחידות מובחנות. ממצאים מחקריים התומכים בהסבר זה, מראים שתפיסת תווי הפנים (האינפורמציה הפיצ׳וראלית) קודמת בהתפתחותה לתפיסת היחסים המרחביים בין תווי הפנים (האינפורמציה הקונפיגורלית). השערה התפתחותית מורכבת זו עשויה להסביר הן את היכולת המופלאה שלנו לעבד במהירות וביעילות אינפורמציה פרצופית, להבחין בין פרצופים דומים של בני מיננו ולזהות אנשים, והן את הכישלון של מנגנוני התפיסה והזכירה במקרים מסוימים, כמו בתופעת היפוך־הפרצוף. ■

רוצים לדעת יותר?

Rakover, S. S. & Cahlon, B. (2001). Face recognition: Cognitive and computational processes. Amsterdam/Philadelphia: John Benjamins.

הספר דן במחקר בתפיסה/זיהוי של פרצופים מכמה נקודות ראות: מתודולוגית, תיאורטית, חישובית ואמפירית, וגם במודל המתמטי של המחברים לזיהוי פרצופים.

Peterson, M. A. & Rhodes, G. (2003, Eds.), Perception of faces, objects and scenes: Analytic and holistic processes. Oxford: Oxford University Press.

אוסף מאמרים הדנים בחלק חשוב מנושאי המחקר בתפיסה/זיהוי של פרצופים, אובייקטים ונופים.

גלעד פרז

083

עם חצי טיפת מזל

היווצרות יקום שבו מתקיימים חיים אפשרית רק בהתרחש צירוף קבועי טבע שהסתברותו נדירה. הפיזיקאים מכנים מצב שכזה "כוונון עדין" ומנסים להבין כיצד הוא אפשרי. ד"ר גלעד פרז מדגים שלפחות בנושא הכוח החלש – אחד מארבעת הכוחות הבסיסיים בטבע – ניתן לתאר יקומים אפשריים גם ללא קיומו של כוח זה >>

>> ■ זה למעלה משלושה עשורים עמלים מאות פיזיקאים ברחבי העולם על פיצוח שתי בעיות בסיסיות בחזית הפיזיקה התיאורטית. הראשונה היא גודלו (או נכון יותר, קטנותו) של **הקבוע הקוסמולוגי**, התוצאה שמתקבלת במדידות אינה מתיישבת עם המודלים התיאורטיים, והשנייה היא ההיררכיה של **הכוח החלש**. בעיית הקבוע הקוסמולוגי קשורה לחוקי הטבע המתארים את היקום המקרוסקופי בקנה מידה של מיליארדי שנות אור. לעומת זאת, בעיית ההיררכיה של הכוח החלש קשורה לאינטרקציה מיקרוסקופית בין חלקיקים במרחקים זעירים של מאית־טריליונית המילימטר (כמאית מגודלו של הפרוטון). לשתי התעלומות הללו יש מאפיין משותף: **כוונון עדין**. רק קבוע קוסמולוגי בגודל זעיר מעבר לכל דמיון מאפשר את היווצרות היקום המוכר לנו, ולכאורה, רק כוח חלש במידה הנכונה מאפשר היווצרות חומר וחיים. התעלומה היא, כיצד התייצבו כוחות אלה על הגודל המדויק הנדרש, והאם (לפחות בהקשר של הכוח החלש) גם עוצמה שונה של כוח זה הייתה מאפשרת חיים.

הקבוע הקוסמולוגי: מושג שהוצע לראשונה על־ידי אינשטיין ב־1917, ונועד להסביר את מצבו היציב של היקום: מדוע הוא אינו קורס, מצד אחד, או "מתפרק" ונעלם, מצד שני. פועל בכיוון הפוך לכוח הכבידה, ורק גודל מסוים שלו מאפשר את קיום היקום שלנו.

הכוח החלש: אחד מארבעת כוחות היסוד בטבע. משפיע על היווצרות חלקיקים אלמנטריים ועל האינטרקציה ביניהם.

מדובר בנושא משמעותי ובעייתי, שמעטים בציבור הרחב יודעים ומבינים את חשיבותו. הפיזיקאים מקדישים מאמצים גדולים (כולל פריסתם של מערכי טלסקופים, שליחת לוויינים לחלל ובניית מאיץ החלקיקים הענק בסרן – הניסוי הגדול בתולדות המין האנושי), על מנת לשפוך אור על שתי חידות אלו ולהבין את מנגנון הכוונון העדין המאפיין אותן.

מהו כוונון עדין

כדי להמחיש למה הכוונה במושג "כוונון עדין", דמיינו את המקרה ההיפותטי הבא: אסטרונומים (החיים בעולם דמיוני אך דומה לשלנו) שמו לב, כי בעת ליקוי חמה הירח מכסה במדויק את פני השמש. כשאנו אומרים "במדויק", אנו מתכוונים לדיוק מדהים – הירח לא מותיר ולו טפח שמש גלוי, ומנגד – לא מכסה אף פיסת חלל מיותרת. מדידות אלו היכו את עולם הפיזיקה והאסטרונומיה בתדהמה. התברר שהרדיוסים של השמש והירח והמרחקים ביניהם הם בדיוק בגודל המאפשר תוצאה, שבה הם נראים שווים בגודלם מכדור הארץ עד כדי תיקונים של אחד למיליון. בלשון דתית היינו אומרים, שמדובר בנס.

הפיזיקאים החלו לשאול עצמם שאלות בעניין זה. בראש ובראשונה, איך ייתכן ששני עצמים כה שונים בגודלם ובמרחק שלהם מאיתנו נראים כמעט לגמרי זהים מכאן? הרי השמש היא כוכב בוהק, והירח אפילו לא כוכב לכת, אלא לוויין המקיף כוכב לכת (הארץ). איך הושגה תוצאה כל־כך מדויקת ומושלמת?

זוהי דוגמה לבעיית הכוונון העדין, הבאה לידי ביטוי בהפרש בין היחס של רדיוס השמש למרחקה מאיתנו לבין זה של הירח. במושג "כוונון עדין" מתייחסים פיזיקאים למצב, שבו הפרש בין שני מספרים הקשורים לגודל פיזיקלי מדיד, נותן מספר קטן בהרבה מכל אחד משניהם לחוד. במילים לא מדעיות, כוונון עדין מתאר מצב, שבו כל הפרמטרים הרלוונטיים מתקיימים בצירוף מקרים ייחודי ונדיר, שרק הוא מאפשר היווצרות תוצאה מסוימת. השאלה הגדולה היא, איך בדיוק התאפשר צירוף מקרים זה?

בדוגמה שנתנו, המרחק בינינו לבין השמש הוא כ־150 מיליון ק"מ, ורדיוסה הוא כ־700 אלף ק"מ, ואילו המרחק בינינו לבין הירח הוא כ־400 אלף ק"מ, ורדיוסו הוא כ־1,500 ק"מ. אף על פי כן, במקרה הדמיוני שלעיל **היחס** בין רדיוס השמש למרחקה מאיתנו והיחס בין רדיוס הירח למרחקו מאיתנו דומים עד כדי סטייה של כמטר מרדיוס הירח. לאסטרונומים הדמיוניים שגילו את התופעה נראה היה, כאילו משהו מיקם את הירח במרחק ובמקום שיאפשרו לו לכסות, בדיוק פנטסטי מנקודת הראות של צופה היושב על כדור הארץ, את השמש.

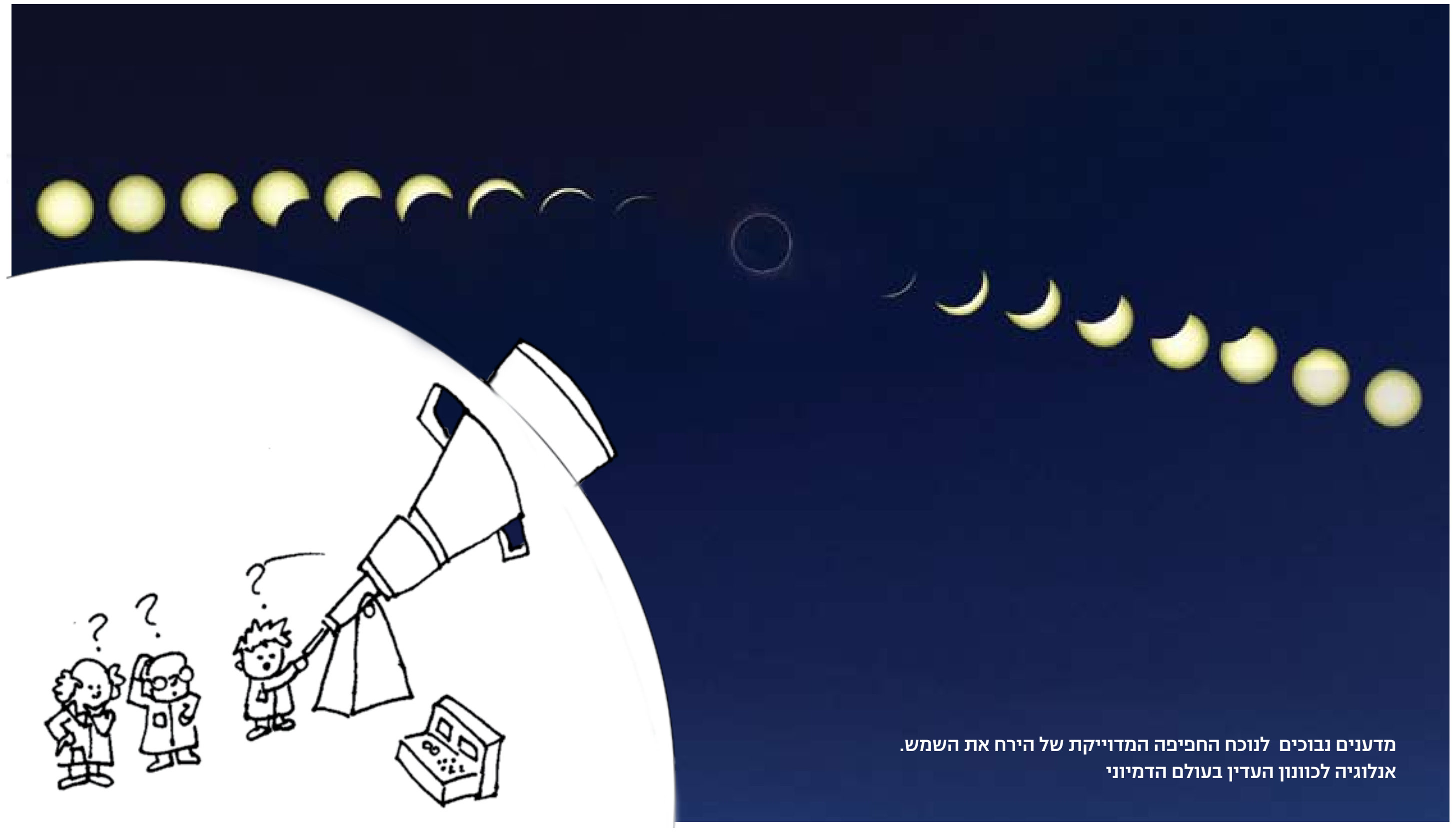
שתי גישות להתמודדות עם בעיות כוונון עדין

כדי להבהיר את הלוגיקה שלנו בהמשך הדרך, בואו ננסה להיכנס לנעליהם של הפיזיקאים הנבוכים ולבחון הסברים אפשריים לתצפית המפתיעה שלעיל.

פתרון ראשון הוא הפתרון **הטבעי:** המדענים ינסו לזהות או לנסח עיקרון פיזיקלי (חוק טבע), שיסביר את הקשר המפתיע בין מסלול הירח סביב הארץ למסלול הארץ סביב השמש והרדיוסים שלהם (למרות העובדה שמאמץ זה נראה מגוחך על פניו, ניתן לראות דמיון־מה בין הבעיה שלעיל לבין בעיית חישוב המסלולים של אלקטרון מסביב לפרוטון באטום מימן. מדידות הראו שיחס האנרגיה של רמת היסוד והרמה הראשונה של אלקטרון באטום מימן הוא אחד לארבעה, עד כדי תיקון מסדר של 0.0001. במקרה זה היחס השלם והמפתיע מוסבר על־ידי תורת הקוונטים).

פתרון אחר הוא הפתרון **האֶנתרופי:** ניתן אולי לשפוך אור על הבעיה הדמיונית הנ"ל, אם ניתן להראות שחיים על כדור הארץ לא ייתכנו כלל אם לא יתקיים הקשר הייחודי והנדיר בין מסלול הירח סביב הארץ למסלול הארץ סביב השמש והרדיוסים שלהם (למשל, ידוע שהירח מסייע לייצוב האקלים על פני כדור הארץ). כלומר, אם לא היה מתקיים יחס כזה בדיוק בין השמש, הירח וכדור הארץ, ממילא לא היינו כאן ולא יכולנו לזהות ולגלות אותו. מדובר בכוונון עדין שרק בזכותו יש חיים על כדור הארץ, והעולם שלנו לא יכול היה להיראות אחרת.

האנתרופי: עיקרון הגורס שמכיוון שיש אינסוף צירופים אפשריים, ואנו חיים בצירוף היחיד שמאפשר חיים, כל הסבר על היקום חייב להתיישב עם קיומם של חיים המזהים את התופעות. לפיכך, לכאורה יכולים להיווצר יקומים אחרים, אבל לא יתקיימו בהם תנאים המאפשרים חיים.


מדענים נבוכים לנוכח החפיפה המדוייקת של הירח את השמש.
אנלוגיה לכוונון העדין בעולם הדמיוני

בעיית הקבוע הקוסמולוגי

כמו שכבר ציינו, הכוונון העדין קשור גם לנושא הכוח החלש וגם לשאלת הקבוע הקוסמולוגי. ננסה להבין בקצרה בעיה זו, כפי שהיא מטופלת בפיזיקה התיאורטית בהקשר הקבוע הקוסמולוגי (המתקשים יכולים לדלג על השורות הבאות אל ראש הפרק הבא). פיזיקה של חלקיקים מתוארת על־ידי תורת שדות, שמשלבת בתוכה את תורת היחסות הפרטית עם תורת הקוונטים. במסגרת זו, גדלים פיזיקליים כדוגמת הקבוע הקוסמולוגי (ובמסגרת **"המודל הסטנדרטי"** גם עוצמת הכוח החלש) רגישים באופן דרמטי לאפקטים קוונטיים (הנקראים תיקונים קרינתיים), וערכם מוגדר רק כאשר אפקטים אלו נלקחים בחשבון.

המודל הסטנדרטי: כינוי שניתן על־ידי פיזיקאים של אנרגיות גבוהות לתיאוריה המקובלת כיום, אשר מתארת את הכוחות הבסיסיים והחלקיקים היסודיים המרכיבים את עולמנו.

לדוגמה, תופעות הקשורות לכבידה קוונטית צפויות להתאפיין בסקלת מסת פלנק השקולה למנת צפיפות אנרגיה פנטסטית של $10^{109}eV^4$ (מיליארד־גוגול אלקטרון־וולט ברביעית), ובאופן גס, אנו מצפים שהתיקונים הקוונטיים לקבוע הקוסמולוגי יהיו מסדר גודל של מסה זו. אבוי, כי כמו שמתואר בהמשך, ערך זה של הקבוע הקוסמולוגי גדול פי 10 בחזקת 120 מגודלו הנצפה במדידות של הקבוע, השווה בערך למילי אלקטרון־וולט ברביעית $(0.001eV)^4$.

יוצא מכך שעלינו להוסיף לתיאוריה שלנו קבוע נוסף מסדר גודל של מיליארד־גוגול אלקטרון־וולט ברביעית, ובסימן הפוך לתרומה המצופה מהתיקונים הקוונטיים, כך ששתי התרומות האסטרונומיות בגודלן יבטלו זו את זו עד כדי השארית הקטנטנה המתאימה לתצפית – כמו במקרה הדמיוני של גודלם הנצפה של השמש והירח. בצורה סכמטית, אם כן, הכוונון העדין של הקבוע הקוסמולוגי נראה כך: >>

$$(0.001eV)^4 = (1000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000.000000000001 - 10000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000000)\ eV^4$$

"הכוונון העדין" – תרשים המתאר את אופן היווצרות ליקוי חמה
מדויק / דימוי: מייקל פאוקנר Michael Paukner

<< מדובר בפספוס הגדול ביותר של תחזית תיאורטית בתולדות הפיזיקה. המסקנה העולה מהכישלון התיאורטי הזה היא, שהפיזיקה הבסיסית של החלקיקים ו/או של הכבידה פועלת באופן שונה במרחקים גדולים מאוד. זוהי בעיית **הכוונון העדין** של הקבוע הקוסמולוגי.

התחזית של ויינברג וגילויו של הקבוע הקוסמולוגי

עד זמן כתיבת שורות אלו לא נמצא פתרון סביר וטבעי לבעיית הכוונון העדין של הקבוע הקוסמולוגי. כפי שציינתי קודם, מדענים הציעו פתרון אנתרופי לבעיית הכוונון העדין של הקבוע הקוסמולוגי, והצעה זו זוכה לפריחה. המפתח לפריחתה של החשיבה האנתרופית בשנים האחרונות קשור לאימות איכותי של תחזיתו של סטיבן ויינברג, זוכה פרס נובל בפיזיקה לשנת 1979, בדבר קיומו של קבוע קוסמולוגי שונה מאפס (החשיבה השלטת בקהילת הפיזיקה התיאורטית עד אז הייתה, שהקבוע הקוסמולוגי הוא אפס, דבר המובטח על־ידי עיקרון פיזיקלי לא ידוע).
לא עבר זמן רב מאז התרגלנו לרעיון שהיקום מתפשט ללא הרף, כפי שנגזר מתיאוריית המפץ הגדול, ושוב הוכתה הקהילה המדעית בתדהמה (הפעם בעולם האמיתי), כאשר ב־1998 התגלה שהיקום מתפשט במהירות גדלה והולכת. למה הדבר דומה? נניח מצב בו נזרוק כדור לשמים, ובמקום שייפול מטה הוא יאיץ מעלה ומעלה ולבסוף ייעלם.
למה זה חשוב? בעיקר בשל התוצאה הסופית. קבוע קוסמולוגי חיובי וגדול יגרום לכך שהחומר ביקום יתפשט במהירות עוד בטרם יתפתחו גלקסיות, שמשות וכוכבי לכת. במילים אחרות: הוא יגרום

"ב־1970 החלו כמה מדענים וקוסמולוגים לדון בשאלת ייחודיותו של היקום. הם העלו את ההשערה הפנטסטית והספקולטיבית, שהיקום שלנו הוא רק אחד מבין יקומים מרובים אפשריים, שלכל אחד חוקים משלו. לפי תובנה 'אנתרופית' זו, אנו עשויים לאכלס אך ורק יקום נדיר, המכיל בדיוק את התנאים אשר צירופם יחד מאפשר חיים כשלנו. ביקומים אחרים מתקיימים תנאים אחרים"

לכך שלא יתפתחו חיים וש"לא יהיה לנו איפה לגור". לעומת זאת, קבוע קוסמולוגי שלילי יגרום לכך שהיקום יקרוס במהירות, ושוב לא יתפתחו גלקסיות, כוכבים וכוכבי לכת. כלומר, גם במקרה זה לא יתפתחו חיים.
התפתחות חיים אפשרית לכאורה רק בגודל מסוים ונדיר של קבוע קוסמולוגי. ויינברג הציע בשנת 1987 (11 שנים לפני גילוי ההאצה הקוסמולוגית), שעצם העובדה שאנחנו נמצאים כאן כדי לשאול את השאלה הזאת, מוכיחה שהקבוע הקוסמולוגי הוא קטן. גודלה של ההאצה שנמדדה בפועל היה קרוב לערך המרבי אותו חזה ויינברג. המסקנה מכך היא, שהיקום שלנו הוא בהחלט ייחודי ונדיר.

בעיית הקבוע הקוסמולוגי ברב־יקום

ב־1970 החלו כמה מדענים וקוסמולוגים לדון בשאלת ייחודיותו של היקום. הם העלו את ההשערה הפנטסטית והספקולטיבית, שהיקום שלנו הוא רק אחד מבין יקומים מרובים אפשריים, שלכל אחד חוקים משלו. לפי תובנה "אנתרופית" זו, אנו עשויים לאכלס אך ורק יקום נדיר, המכיל בדיוק את התנאים אשר צירופם יחד מאפשר חיים כשלנו. ביקומים אחרים מתקיימים תנאים אחרים.
השערה הנ"ל קיבלה חיזוק משני כיוונים לא צפויים ובלתי תלויים. הראשון, ב־1980 הועלתה תיאוריה בקוסמולוגיה מודרנית המכונה **אינפלציה**. תיאוריה זו פותחה על מנת לפתור בעיות שמודל "המפץ הגדול" כשלעצמו לא יכול היה להסביר, כמו הומוגניות היקום והאיזוטרופיות שלו (כלומר, מדוע היקום נראה אחיד לכל כיוון). אינפלציה מתבטאת בהתפשטות מהירה מאוד של היקום. מודלים של אינפלציה חוזים שבמרחב זמן ייווצרו מעין "כיסים" (שכל אחד מהם בעל נפח אינסופי), שמתרחקים זה מזה במהירות עצומה, כך שהם אינם יכולים לתקשר זה עם זה. במילים אחרות, במצב של אינפלציה נוצרו יקומים שונים מקבילים: רב־יקום.

עיקרון הקובע כי מכל נקודה שעל פניו, היקום נראה ומתנהג אותו הדבר. אין ביקום נקודה המהווה מרכז, או נקודה השונה מהותית מנקודה אחרת.

חיזוק שני לרעיון הרב־יקומים קשור לעובדה הידועה, שהסביבה משפיעה על התכונות הפיזיקליות. למשל, מהירות הקול משתנה לפי חומר התווך שבו עובר הקול. בשנים האחרונות התברר שתורת המיתרים (התורה המובילה, אך הלא מוכחת, לאיחוד כוח המשיכה עם שאר כוחות הטבע) חוזה אפשרות, שבאזורים שונים של הרב־יקום ייתכנו תכונות פיזיקליות שונות למסות החלקיקים, חוזק הכוחות הבסיסיים, הקבוע הקוסמולוגי ועוד.
אם תיאור ספקולטיבי (אבל, ככל הנראה, תקף מבחינה פורמלית) זה מתאים לטבע היקום, הרי שהוא מספק לנו מסגרת עקבית <<

"ביצענו ניסוי מחשבתי מורכב: ביטלנו (באופן תיאורטי) לחלוטין את אחד מארבעת חוקי היסוד של הטבע, הלא הוא הכוח החלש. חוקי היסוד, על־פי שמם והגדרתם, הכרחיים בכל יקום המכבד את עצמו, ולכן נראה היה שהניסוי המחשבתי שהצענו אמור להסתיים בכישלון צורב. להפתעתנו מתברר שיקום, גם ללא הכוח החלש, יכול להיראות דומה להפליא ליקום שלנו"

>> להבנת תחזיתו הסנסציונית של ויינברג לגבי קטנותו של הקבוע הקוסמולוגי: בתוך מכלול הרב־יקום, ברוב המכריע של כיסי היקום, הקבוע הקוסמולוגי יהיה בעל ערך "טבעי" גדול, חיובי או שלילי (כך שהם יקרסו מיד או יתנפחו וידוללו מתוכן). אך לצורך מורכבות, כגון גלקסיות ושאר מבנים מקרוסקופיים הנחוצים ליצירת חיים וצופים (כמונו), מספיק שתיווצר ולו "בועת" יקום **אחת**, שבה האצת התפשטות היקום קטנה מספיק. המציאות ביקום זה משולה לסיטואציה הנדירה של כיסוי הירח והשמש בדוגמת הפתיחה. זהו היקום היחידי שאנו יכולים להיווצר ולהתקיים בתוכו.

כוונון עדין ועוצמתו של הכוח החלש

ויינברג כיוון אותנו לפתרון אנתרופי של בעיית הקבוע הקוסמולוגי. האם ייתכן שנוכל לחזור על הצלחתו של ויינברג, ובאמצעות טיעונים דומים נוכל לנבא את ערכו של הכוח החלש בטבע? האם בעיית הכוונון העדין של הכוח החלש ניתנת להבנה באופן דומה לדרך שבה אנו מסבירים את הקבוע הקוסמולוגי?

במסגרת המודל הסטנדרטי (כמו במקרה של הקבוע הקוסמולוגי), גם עוצמת הכוח החלש רגישה באופן דרמטי לאפקטים קוונטיים. מבלי להכביר בפרטים (ושוב, ניתן לדלג לראש הפרק הבא), הכוח החלש נישא על־ידי חלקיקי ה־W וה־Z המסיביים, ועוצמתו נחלשת כריבוע של המסה שלהם (להבדיל מהכוח האלקטרומגנטי, הנישא על־ידי הפוטונים חסרי המסה).

באופן גס, אנו מצפים שהתיקונים הקוונטיים לריבוע מסת ה־W וה־Z יהיו מסדר גודל של מסת פלנק בריבוע, ערך גדול פי 10 בחזקת 32 מהערך הנמדד של ריבוע מסת ה־W וה־Z, השווה בערך לעשרה־מיליארד־טריליון אלקטרון־וולט בריבוע, יוצא מכך שעלינו להוסיף לתיאוריה שלנו קבוע נוסף מסדר גודל של עשרה־מיליארד־טריליון אלקטרון־וולט בריבוע ובסימן הפוך לתרומה המצופה מהתיקונים הקוונטיים, כך ששתי התרומות האסטרונומיות בגודלן יבטלו זו את זו עד כדי התקבלות השארית הקטנטנה המתאימה לתצפית. כמו במקרה של הקבוע הקוסמולוגי, זה נראה כך:

$$10^{22}eV^2 = (1000000000000000000000000000000000000100000000000000000000 - 1000000000000000000000000000000000000000000000000000000000)\ eV^2$$

או במילים אחרות, זו בעיית ההיראכיה בין מסת ה־W וה־Z לבין מסת פלנק.

אין דין הכוח החלש כדין הקבוע הקוסמולוגי

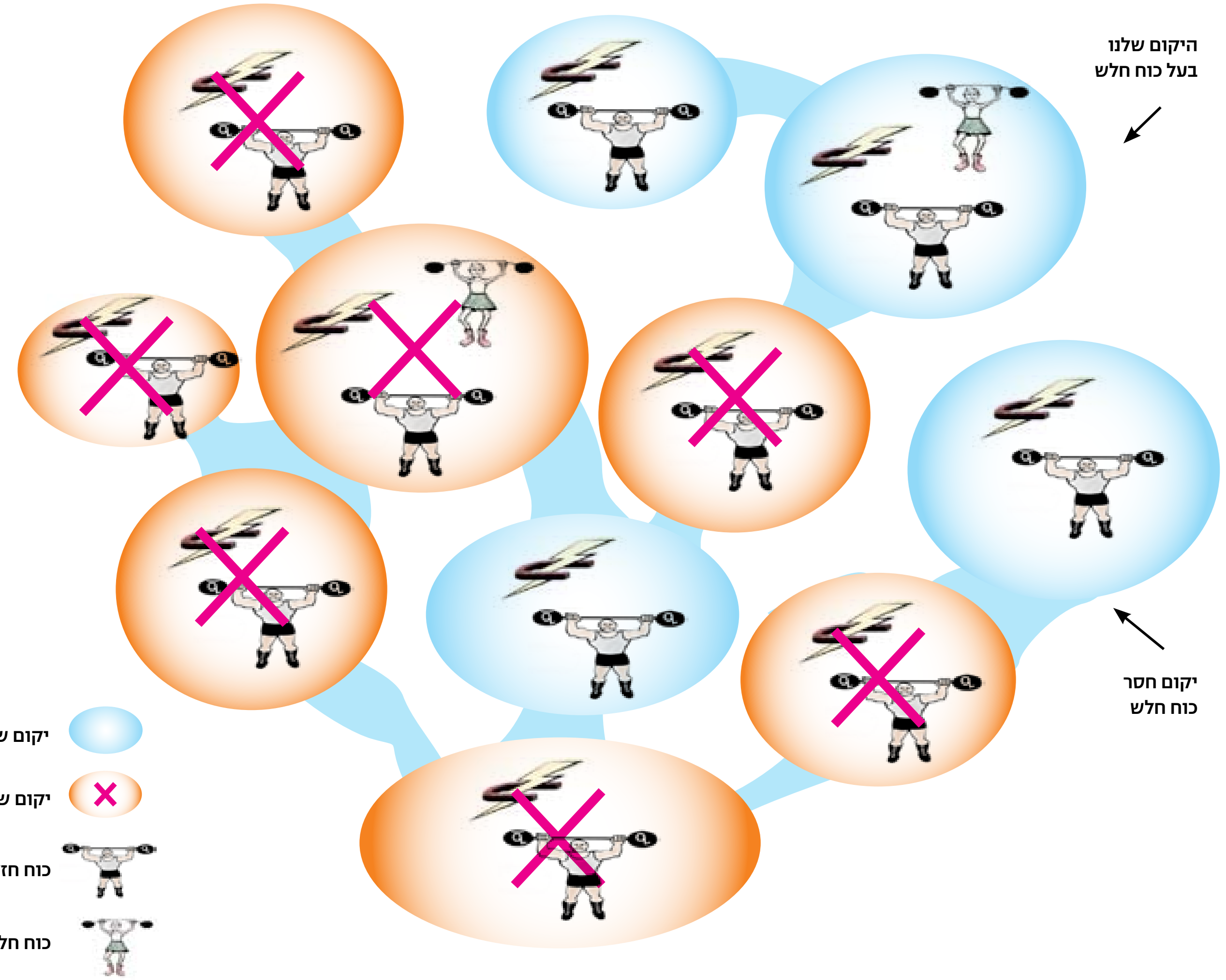
בניגוד לטענות של פיזיקאים תיאורטיים אחרים, צוות חוקרים שכלל את רוני הרניק, גרהם קריבס ואותי, טען במאמר בשם "A universe without weak interactions", שאין גזירה שווה בין בעיית עוצמת הכוח החלש לבין הכוונון העדין של הקבוע הקוסמולוגי משני הטעמים הבאים:

שלא כמו במקרה של הקבוע הקוסמולוגי, ישנן הרחבות תיאורטיות של המודל הסטנדרטי שפותרות את בעיית הכוונון העדין של הכוח החלש ללא צורך בפתרון אנתרופי. רובן הגדול מנבא, שכבר בשנים הקרובות נגלה, באמצעות מאיץ החלקיקים הגדול שבסרן, כוחות, חלקיקים או אולי אפילו ממדים חדשים, הקשורים לפתרון בעיית ההיראכיה של הכוח החלש. בנוסף, כמו שנדגים עכשיו בהרחבה (שוב, בסתירה לטענות שנשמעו על־ידי פיזיקאים לא מעטים), לא קיים טיעון אנתרופי כללי ותקף שפותר את בעיית הכוונון העדין של הכוח החלש.

על מנת לחפש תבנית של חוקים חלופיים הפועלים במבנים מורכבים ועדיין מסוגלים לתמוך בחיים, ביצענו ניסוי מחשבתי מעניין: ביטלנו (באופן תיאורטי) לחלוטין את אחד מארבעת חוקי היסוד של הטבע, הלא הוא הכוח החלש. חוקי היסוד, על־פי שמם והגדרתם, הכרחיים בכל יקום המכבד את עצמו, ולכן נראה היה שהניסוי המחשבתי שהצענו אמור להסתיים בכישלון צורב. להפתעתנו מתברר, ואדגים זאת בהמשך, שיקום, גם ללא הכוח החלש, יכול להיראות דומה להפליא ליקום שלנו.

בהיעדר כוח היסוד הראשון, כוח הגרעין החזק המאחד קווארקים לפרוטונים ונויטרונים ומגבש אותם לגרעין אטומי, לא ייווצרו צורות החומר שאנו מכירים. בהיעדר כוח היסוד השני, האלקטרומגנטי, לא יהיה אור ולא ייווצרו אטומים והתקשרויות כימיות. בהיעדר כוח היסוד השלישי, כוח המשיכה, לא יתהווה הכוח ההופך חומר לגלקסיות, כוכבים וכוכבי לכת.

כוח היסוד הרביעי, כוח הגרעין החלש, מהווה נוכחות מורכבת ועדינה בחיי היומיום ומשחק תפקיד מכריע בהיסטוריה של היקום שלנו.



תרשים רב יקום המתאר התפשטות והיווצרות יקומים. מרבית היקומים מתפשטים אל הריק או קורסים מהר.

בין היתר, הכוח החלש מחולל את הריאקציות ההופכות נויטרונים לפרוטונים, ולהפך. בשלב הראשון של המפץ הגדול הקווארקים (בין תצורות החומר הראשוניות שהופיעו) מתאגדים בשלשות על מנת ליצור בָריונים, המהווים שילוב של פרוטונים ונויטרונים, והבריונים מתאגדים ברביעיות של פרוטונים, המותכים לגרעין של הליום 4, המורכב משני פרוטונים ושני נויטרונים. התמזגות זו קרויה נוקליאוסינתזה, סינתזה גרעינית, המתרחשת שניות ספורות לאחר התהוות היקום שלנו.

בתהליך הנוקליאוסינתזה הליום נוצר ממימן, מרכיבי היסוד של הכוכבים, ורק לאחר מכן, בתוך הכוכבים, מתרחשים תהליכי התכה גרעינית נוספים, בהם מתגבשים אלמנטים מורכבים יותר בטבע. בליבת השמש שלנו נמשכת עד היום התכת ארבעת הפרוטונים היוצרים את הליום 4, והיא המספקת את מרבית האנרגיה שאנו צורכים.

במובן זה, בהיעדר כוח הגרעין החלש קיימת הסתברות נמוכה, אם בכלל, לכשירותו של היקום להכיל דבר הדומה, ולו במעט, לכימיה מורכבת, שלא לדבר על חיים. ובכל זאת, ב־2006 גילינו תבנית של חוקים פיזיקליים המסתמכת אך ורק על שלושת כוחות הטבע האחרים, ועדיין מובילה ליקום ידידותי המאפשר חיים.

ביטולו של כוח הגרעין החלש דורש כמה שינויים והתאמות **במודל הסטנדרטי** של פיזיקת החלקיקים. הצוות שלנו הוכיח ששינויים קטנים כאלה יכולים להתבצע בדרך מסוימת, כך שהתנהגות שלושת הכוחות האחרים – ופרמטרים נוספים הכרחיים כמו המסות של הקווארקים ושל האלקטרון – יהיו זהים לאלו של היקום שלנו גם ללא קיום כוח חלש. עלי להדגיש שהייתה זו בחירה שמרנית, אשר כוונה להקל על חישובי התנהלות היקום שלנו. כלומר, אכן קיימת הסתברות לטווח רחב של יקומים אחרים חסרי כוח חלש, העשויים להיות תומכי חיים, אך במהותם, הם לא ידמו ליקום שלנו.

ביקום חסר כוח חלש ההתכה הסדירה של פרוטונים להליום היא בלתי אפשרית, מכיוון שנחוצים שני פרוטונים שיהפכו לנויטרונים, אך קיימים נתיבים אלטרנטיביים לבריאת האלמנטים הללו. למשל, היקום שלנו מכיל מידה גדושה של חומר לעומת מיעוט אנטי־ >>

>> חומר, ודי בהתאמה קטנה בפרמטר אשר שולט בא־סימטריה זו כדי להבטיח שהמפץ הגדול, הנוקליאוסינתזה, יותיר כמות מספקת של גרעין דויטריום – הידוע גם בשם מימן 2 – המהווה איזוטופ של מימן שגרעינו מכיל נויטרון בנוסף לפרוטון הרגיל. כך, כוכבים חסרי כוח חלש יאירו על־ידי שילובם של פרוטון וגרעין דויטריום, המרכיבים של גרעין הליום 3 (שני פרוטונים ונויטרון אחד).

כוכבים חסרי כוח חלש יהיו קרים וקטנים יותר מאשר הכוכבים ביקום שלנו. לפי סימולציות מחשב שנערכו על־ידי האסטרופיזיקאי **אדם בורו** מאוניברסיטת פרינסטון, הם ימשיכו לבעור כמה מיליארדי שנים – בדומה לגילה העכשווי של השמש שלנו – ויפיצו אנרגיה מעט פחותה מזו של השמש שלנו.

בדומה לכוכבים ביקום שלנו, כוכבים חסרי כוח חלש יוכלו לבצע סינתזה באלמנטים כבדים כמו ברזל בעזרת התכה גרעינית נוספת. קיימת אי־בהירות בנוגע להתרחשות ריאקציות טיפוסיות, אשר בכוכבים שלנו מובילות ליצירת אלמנטים אולטרה־כבדים, אך ממילא נחיצותם מוטלת בספק. כמות קטנה של אלמנטים כבדים (עד הסטרונטיום) עדיין תוכל להיווצר בתוככי כוכבים חסרי כוח חלש, אך במכניזם שונה.

ביקום שלנו, התפוצציות של סופרנובה מפזרות לחלל את התצרופות החדשות של האלמנטים. הסופרנובות עשויות להיות מסוגים שונים. ביקום חסר כוח חלש תיכשל התפוצצות של סופרנובה (הנגרמת על־ידי קריסת מסת־על של כוכבים) מכיוון שלא תתאפשר פליטת נויטרינו – תוצר לוואי לפעולות הגומלין של הכוח החלש. בהתפוצצות, שטף הנויטרינו הוא זה שמשגר אנרגיה אל מחוץ ליבת הכוכב ותומך בגל ההלם שגרם להתפוצצות. אך קיים גם סוג אחר של סופרנובה, אשר בו נגרמת התפוצצות תרמו־גרעינית של כוכב על־ידי ספיחת חומר מכוכב שכן, ולא על־ידי קריסה של כוח המשיכה. במקרה זה, האלמנטים עדיין יכולים להתפזר ברחבי החלל הבין־כוכבי ולהוות בו ניצנים של כוכבים וכוכבי לכת חדשים. בהתחשב בקור היחסי שישרור בכוכבים חסרי כוח חלש, כוכבי הלכת ייאלצו להתקרב פי־שישה, בקירוב, אל השמש שלהם, על מנת לספוג חום הדומה לחום כדור הארץ. לתושבי כוכב לכת מסוג זה תיראה השמש (שלהם) גדולה במידה רבה מזו שלנו.

כוכבי לכת תואמי־ארץ חסרי כוח חלש יהיו שונים משמעותית מהכוכב שלנו גם בדרכים נוספות. בעולם שלנו, הלוחות הטקטוניים והפעילות הוולקנית צוברים עוצמה על־ידי התפרקות רדיואקטיבית של אורניום וטוריום במעמקי הארץ. ללא האלמנטים הכבדים הללו הגיאולוגיה בתואם־ארץ טיפוסי חסר כוח חלש עשויה להיות אפרורית וחדגונית, בהשוואה אלינו, אם כי ייתכן שתהליכי כוח המשיכה יספקו מקור חום חלופי, כפי שמתרחש בכמה ירחים של סאטורן ויופיטר.

הכימיה, מצד שני, תהיה דומה במידה רבה לזו של עולמנו, בהבדל אחד – "הטבלה המחזורית" תיעצר בברזל, ואלמנטים כבדים יותר יהיו בכמויות זעירות בלבד. אך הגבלה זו אינה צריכה למנוע התפתחות של צורות חיים הזהות לאלו המוכרות לנו. כלומר, אנו רואים שגם יקום המכיל רק שלושה כוחות יסוד עשוי להוות יקום תומך־חיים.

המסקנה:

חיים אפשריים גם ביקום ללא כוח חלש, ואין צורך בכוונון עדין של הכוח החלש כדי להסביר היווצרות חיים. תוצאות ה"ניסוי" שלנו מצביעות על קיום ספק בדבר נחיצותו של הרעיון האנתרופי להסברת תצפיות או חוקי טבע שאינם נוגעים בקבוע הקוסמולוגי (למשל, בנוגע לעוצמת הכוח החלש). כמו כן, הניסוי מעלה סוגיות חשובות נוספות: אם חיים אכן אפשריים ביקום חסר כוח חלש, מדוע בכלל קיים ביקומנו כוח חלש? למעשה, פיזיקאים של החלקיקים מעריכים שבמידה מסוימת הכוח החלש ביקום שלנו אינו חלש דיו. הערך הנצפה נראה חזק במידה חריגה בתוך המסגרת של המודל הסטנדרטי.

לפיכך, תיאורטיקנים מצפים שבמרבית היקומים תהיה עוצמת הכוח החלש כה קלושה, עד שחסרונה לא יורגש, והאתגר האמיתי הוא בתשובה לשאלה, מדוע **אינם** חיים ביקום חסר כוח חלש.

העניין המרגש ביותר העולה ממסקנות אלו הוא, שכל הפתרונות הסבירים לתעלומה זו דורשים את נוכחותם של חלקיקים חדשים וכוחות לא מוכרים, שהפיזיקאים מקווים לגלות במאיץ החלקיקים הגדול שבסרן, ג'נבה. המאיץ שב לפעול לאחרונה במרץ, ואנו מצפים בקוצר רוח לעיבודי התוצאות שיגיעו בשנים הקרובות ויאפשרו לבדוק השערות ותיקות, וכמובן להציע השערות חדשות למבנה היקום. ■

רוצים לדעת יותר?

Jenkins and G. Perez, "Looking for life in the multiverse", Sci. Am. 302N1 (2010).
אלחנדרו ג'קינס וגלעד פרז, "חיפוש אחר חיים ברב־יקום"

G. Perez, "A guided tour through the wild nuclear landscape", Physics 2 (2009)

L. Susskind, The Cosmic Landscape: String Theory and the Illusion of Intelligent Design (Little, Brown, 2005).

A. D. Linde, Sci. Am. 271(5) (1994).

M. Tegmark, "Parallel universes. Not just a staple of science fiction, other universes are a direct implication of cosmological observations," Sci. Am. 288N5 (2003).